Chemismus der Pflanzenzelle.

Eine morphologisch-chemische Untersuchung der Hefe

mit Berücksichtigung

der Natur, des Ursprunges und der Verbreitung

der Contagien

von

Hermann
Dr. H. Karsten
Professor der Botanik an der k. k. Universität in Wien.

WIEN 1869.
Wilhelm Braumüller
k. k. Hof- und Universitätsbuchhändler.

Inhalt.

Abbildungen.

I. Allgemeines.

Die Entwickelungserscheinungen und der Chemismus der Zelle sind seit 30 Jahren vielfach Gegenstand von Untersuchungen und Erörterungen gewesen und wurden die entgegengesetztesten Meinungen über diese Fragen vertheidigt.

Gegenwärtig stehen sich zwei verschiedene Auffassungen dieser Verhältnisse gegenüber. Einerseits soll die Zelle als unmessbar kleines aber schon aus Inha't und Haut bestehendes Körperchen, also schon organisirt, entstehen. Andererseits wird vorausgesetzt, dass sich zuerst der Inhalt der künftigen Zelle als ein Tropfen eiweissartiger Substanz aus der Flüssigkeit, in welcher sich die Zelle bildet, ausscheide, welcher Tropfen später in Folge äusserer Einwirkung an seiner Oberfläche erhärten könne, oft aber auch nicht erhärte und in diesem flüssigen Zustande als Tropfen, nicht nur innerhalb der Flüssigkeit, in der er ausgesondert wurde, sondern auch aus derselben hervorgetreten, im Wasser fortbestehe und sich zu zusammengesetzten Organisationen weiter zu entwickeln vermöge.

Ebenso verschieden, entsprechend den verschiedenen Anschauungen über diese morphologischen Erscheinungen selbst, sind die Ansichten der Physiologen über die in den organisirten Körpern der Zellen, während ihrer Gestaltveränderung stattfindenden chemischen Vorgänge.

Während die Vertheidiger der ersten jener beiden Ansichten meinen, dass Zell-Haut und -Inhalt gleichzeitig mit den umgebenden chemisch differenten Substanzen in Wechselwirkung stehen und dass die durch das Wachsthum dieses organisirten Körpers erzeugten chemischen Verbindungen vorzugsweise durch die Veränderungen des festen Antheils der Zelle d. i. durch deren Haut hervorgebracht werden, glauben die Vertheidiger der zweiten Ansicht consequenter Weise die ganze Reactionsfähigkeit der organisirten Körper in deren flüssiger Substanz, dem Zellsafte,

suchen zu müssen. Darnach wäre dann die durch Ausscheidung aus der tropfbar flüssigen Zelle an deren Oberfläche entstandene und erhärtete Membran mit Payen für eine während des Bestehens der Zelle constante Verbindung zu halten, deren Mischung nur scheinbar, nämlich durch später in ihr eingemengte Niederschläge, die aber durch passende Lösungsmittel wieder entfernt werden können, eine andere wird.

Die scheinbar grössere Einfachheit der Erklärung der Ernährungsvorgänge durch diese letztere Ansicht, indem sie die allerdings sehr oberflächlich betrachteten physiologischen Erscheinungen mit den unorganisch chemischen Vorgängen in Parallele stellt, bot zugleich den Wenigen eine Stütze, welche die Urzeugung vertheidigten, d. h. denen, welche glaubten, die Entstehung von Organisationen aus einer geeigneten Flüssigkeit unabhängig von den organisirten Körpern, also auch ausserhalb eines vorhandenen Organismus, annehmen zu können.

Dagegen bemühte ich mich durch den Nachweis der Entwickelungsweise der Hefezellen, für welche vorzugsweise noch eine ursprüngliche Entstehung aus unorganisirten Substanzen vertheidigt wurde, darzuthun, dass die erste Entstehung von Zellen nicht allein von dem Vorhandensein organisationsfähiger Materie abhänge, sie daher nur einer solchen Flüssigkeit bedürfe, sondern dass eine Neubildung von organisirten Zellen vielmehr stets nur innerhalb eines schon vorhandenen noch assimilirenden Organismus stattfinde [1]).

Wenn nun auch Schleiden, der eifrigste Vertheidiger der Urzeugung damaliger Zeit, noch glaubte, durch Entstellung meiner Mittheilungen [2]) die Resultate meiner Beobachtungen beseitigen und seine Meinung aufrecht erhalten zu können, dass aus jeder organisirbaren Verbindung, auch ausserhalb eines schon vorhandenen organisirten Körpers, Zellen entstehen könnten, so hatten dieselben doch vielleicht eine entfernte Veranlassung gegeben, dass die Pariser Akademie der Wissenschaften es für zeitgemäss erkannte, noch im Jahre 1860 eine erneute Untersuchung über diese durch Spallanzani, Needham und zuletzt durch Schwann gründlich besprochene Frage zum Gegenstande einer Preisaufgabe zu machen.

---

[1]) Die Urzeugung 1848 und Beitrag zur Kenntniss des Zellenlebens 1849. Ges. Beiträge pag. 194 und 208 Taf. XIII, Fig. I. k.

[2]) Grundzüge 1849 pag. 207.

In Folge dieser von der Pariser Akademie gegebenen Anregung wurde sowohl von Chemikern als auch von Botanikern die Entwickelung dieser einfachsten Organisationen wiederholt und zum Theil sorgfältig untersucht.

In meiner oben erwähnten Arbeit hatte ich darauf hingewiesen, dass die Entwickelung der Hefezellen aus jedem Inhaltszellchen der pflanzlichen und thierischen Gewebezellen (deren Keime, wie Schwann nachgewiesen hatte, durch die Luft herzugeführt werden) und demnach aus den im gährungsfähigen Safte fleischiger Früchte und im Pilzmycelium (Phragmidium) enthaltenen Bläschen vor sich gehen könne. Zugleich beschrieb ich, wie diese Entwickelung nicht unter allen Bedingungen auf gleiche Weise stattfinde, nicht stets die gleiche Form erzeugt werde: dass diese vielmehr, ebenso wie die des zusammengesetzten Organismus, von den physikalisch-chemischen Verhältnissen, bei denen sie vegetiren, abhängig sei und gleichfalls dem veränderten Zustande dieser Verhältnisse gemäss auf das mannigfaltigste variire.

Die Richtigkeit meiner damals ausgesprochenen Ansicht, dass diese mannigfaltigen Formen, welche die aus dem Verbande der zusammengesetzten, specifisch eigenthümlichen Organismen getrennten Zellen annehmen, nicht den wirklichen Arten fortpflanzbarer Organismen zuzurechnen seien, wie dies bis dahin von den Systematikern geschehen war, ist nun inzwischen von verschiedenen Beobachtern anerkannt worden.

Es ist dies allerdings nicht ohne vielfachen Widerspruch derer geschehen, die sich wegen mangelhafter Beobachtungsmethode nicht durch eigene Anschauung zu überzeugen vermochten. Ich verfolgte nämlich damals die Entwickelung einer und derselben Zelle in continuirlicher Beobachtung während ihres Verweilens in geeigneten Flüssigkeiten auf dem Mikroskoptische. Die Nichtanwendung dieser Vorsichtsmassregel von den meisten neuern Beobachtern ist die Ursache des langsamen Fortschritts auf diesem Felde der organischen Naturwissenschaft; denn die grosse äussere Aehnlichkeit von Zellen und Zellencomplexen der verschiedensten Abstammung macht ein Erkennen der Zusammengehörigkeit verschiedener nebeneinander liegender Formen höchst schwierig und unsicher.

Die zweite wichtige eigentlich physiologische Frage, diejenige nach der chemischen Thätigkeit der Zelle, welche deren von dem Nährstoffe wiederum abhängige Formveränderungen

begleitet, lässt sich gleich jener über ihre erste Entstehung und Entwickelung gleichfalls an den einfachsten freien Zellenvegetationen, den Gährung erregenden Hefezellen mit dem besten Erfolge studiren. Wenn Chemiker wie Pasteur, Berthelot, Anthon, Meyer fortfahren, sich dem Studium der Hefe zu widmen, dann dürfen wir hoffen, dass die Physiologie der zusammengesetzten Pflanze in der Kenntniss von den Assimilationsvorgängen der Hefe einen sichern Ausgangspunkt gewinnen wird.

Auch mich bestimmte diese Ueberlegung die Erscheinungen, welche die Gährung begleiten, nicht aus den Augen zu verlieren und habe ich die oben erwähnten 1848 angestellten Beobachtungen über die Entstehung der Hefe aus den im flüssigen Inhalte organisirter Zellen vorhandenen Zellchen (Bläschen) nicht nur häufig und in mannigfachen Variationen wiederholt, sondern auch den Entwickelungsgang der Hefe in Rücksicht auf Form und Inhalt umfassender und gründlicher kennen zu lernen mich bemüht.

Die morphologischen Erscheinungen, welche die Entwickelung und das Wachsthum der Hefe begleiten, sind inzwischen vielfach, so von Bail, Hoffmann, Lüders, Hallier, Wiesner u. a. studirt worden. Während von diesen besonders die genauen Beobachtungen von J. Lüders darauf gerichtet waren, den ganzen Entwickelungskreis der Hefe von dem kleinsten einfachen Bläschen bis zu den entwickelten Pflanzenformen, denen dasselbe entstammte, zu verfolgen, wurde von Hallier, Wilkomm u. a. nachgewiesen, dass dergleichen von Pilzen stammende Keime in den lebenden Organismus eindringen und denselben krank machen können. Besonders bemühte sich Hallier zu beweisen, dass eine jede Art auf das sie umgebende Medium, auf ihre Unterlage, eine eigenthümliche, auf lebende Organismen oft Krankheit erzeugende Wirkung hervorbringe und dass daher jede, von der Assimilationsthätigkeit vegetabilischer Zellen abhängige Krankheitsform auch einem specifisch verschiedenen Pilze zuzuschreiben sei.

Die ausserordentliche Wichtigkeit, die diese Thatsache, wenn sie sich bestätigte, für die Theorie der betreffenden Krankheiten und für die Gesundheitspflege des Menschen haben würde, rief das lebhafteste Interesse bei den wissenschaftlichen Aerzten und vielfach deren Mitwirkung bei diesen Untersuchungen hervor.

Diese schätzbare allseitige Theilnahme würde den Gegenstand unzweifelhaft noch mehr gefördert haben, wären die Untersuchungen und Beobachtungen von einer richtigen Kenntniss der Entwickelungsweise der Organismen und insbesondere der Entwickelung und der Wachsthumsthätigkeit der Zelle geleitet worden.

Obgleich ich über diesen Punkt schon wiederholt mich ausgesprochen habe, um jener durch unrichtige Deutung unzusammenhängender Beobachtungen entsprungenen Theorie entgegen zu treten, welche von den heutigen Wortführern in histologischer Botanik geltend gemacht wird, aber durch jede sorgfältige Untersuchung dieses Gegenstandes widerlegt werden kann, so sehe ich mich doch im Interesse des Verständnisses des Folgenden über die physiologischen Vorgänge im Pflanzenorganismus und speciell derjenigen bei der Hefeentwickelung veranlasst, noch einmal in Kürze[1]) die morphologischen Entwickelungsverhältnisse der Pflanzenzelle im Allgemeinen zu beschreiben, bevor ich auf die Darstellung der Wachsthums- und der Vermehrungserscheinungen der Hefezellen näher eingehe.

Fig. I.

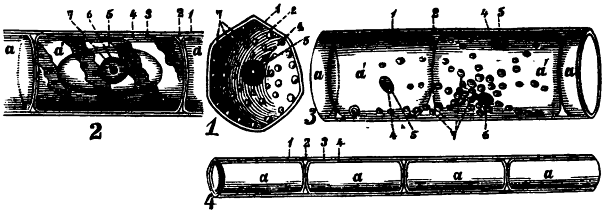


Fig. I. Zellen-Anatomie. 1. Eine entwickelte Parenchymzelle. 1. Primäre Zelle. 2. Secundäre Zelle. 4. Tertiäre oder Kernzelle sog. Zellkern, trübe Flüssigkeit und kleine Zellanfänge enthaltend neben der quartären Zelle 5, dem sog. Kernkörperchen. 7. Kleine Zellchen (Secretionszellchen) im flüssigen Inhalte der secundären Zelle. 2. Stückchen eines Spirogyrenfadens. 1. Primäre. 2. Secundäre Zellmembranen der Mutterzelle der drei Gliedzellen *a a* und *a'*, deren beide ersteren durchschnitten sind. 3—7 die in einander entwickelten Zellen der Gliedzelle *a'*. 3. Ein ähnliches Stückchen einer Oedogonie; in der mittleren Zelle entwickelten sich neben deren Kernzelle und Secretionszellchen 6 und 7 zwei hier noch nicht völlig ausgewachsene Tochterzellen *a'* und *a'*, die jede wieder eine secundäre Zelle (Kernzelle) 4 und 5 entwickelten 4. Stückchen eines mit Plasma erfüllten Oidium-Mycels mit 4 Tochterzellen *a a a a* (Gliedzellen). 1. und 2. die beiden Zellen der Mutterzelle 3. und 4. die der Tochterzelle.

[1]) Ausführlich habe ich mich für diejenigen Leser, die sich für diesen Gegenstand interessiren, in verschiedenen in meinen oben citirt „Gesammelten Beiträgen" vereinigten Abhandlungen ausgesprochen.

Jede Gewebezelle der zusammengesetzten Pflanze (Fig. I 1) besteht aus einer Anzahl in einander geschachtelter Zellen, deren Häute und Inhalt in fortwährender Veränderung sich befinden und deren äusserste, älteste, meist in eine saure oder in Säuren lösliche Substanz verändert, endlich sich verflüssigt. (Die Cuticula sowie die peripherischen Wandungen der oberflächlichen Zellschichten zusammengesetzter Gewebe werden dagegen in der Regel zu unlöslichen oder nur in Alkalien löslichen kohlenstoffreichen auch meist stickstofffreien Verbindungen.) Das in der allgemeinen Nährflüssigkeit gelöste Verflüssigungsproduct der ältesten Zellhäute wird andern Geweben als Nährstoff zugeführt, während immer jüngere Generationen, von Schleiden und Schwann zum Theil als Zellkern, Kernkörperchen bezeichnet, nachwachsen und die ältern sich auflösenden ersetzen. Die Häute dieser älteren ausgewachsenen Zellen, welche meistens unmittelbar einander berühren, seltener (z. B. in dem Vegetationsorgane von Desmidiaceen, Myxomyceten, Cladophora [1]) etc.) in dem flüssigen Inhalte ihrer Mutterzellen schwimmen, verlieren die Stickstoffverbindungen, aus denen sie anfangs bestanden nach und nach so vollkommen, dass die äussersten stickstofffrei sind und zugleich stets reicher an Kohlenstoff werden, während der Gehalt des Saftes der innern an Proteinstoffen sich bis zu dem Grade vermehrt, dass neue Zellen in ihm entstehen können, die als punktähnliche Bläschen auftreten.

Jene äussern kohlenstoffreichen Zellhäute, die bei Gefässpflanzen in einem gewissen Entwickelungszustande als die „Cellulose“ genannte chemische Verbindung vorkommen, wurden von denjenigen welche glauben, die Zellen seien an der Oberfläche erhärtete Tropfen einer proteinartigen Flüssigkeit, für Niederschläge auf diese so entstandene Haut oder auch für Ausschwitzungen durch eine solche gehalten; dass dies nicht der Fall ist, dass vielmehr eine continuirliche Metamorphose des Stoffes der assimilirenden Zellhaut stattfindet, ein Vorgang, auf den ich schon vor zwanzig Jahren hinwies, haben alle auf diesen Punkt gerichtete Untersuchungen der fähigeren Beobachter der Neuzeit bestätigt. Die durch die Assimilationsthätigkeit der proteinreichen Zellmembranen löslich gewordenen Proteinverbindungen geben dem Zellsafte, dem sie sich von aussen nach innen durch die entstehende Cellulose zurückgedrängt, beimischen, je nach ihrer

[1]) Man vergl.: „Gesammelte Beiträge“ pag. 390, Tafel XXIV, Fig. 48.

Menge die Eigenschaft, dass sich in ihm entweder eine einzige neue Zelle als Ersatzzelle für die degenerirte äussere primäre bildet, I. 2, 7 oder dass gleichzeitig mehrere derselben entstehen und die Vermehrung ihrer Mutterzelle bewirken (I. 3 *a' a'*).

Der Zustand dickwandiger Proteinzellen vor dem Uebergange in Cellulose hat vielfach zu deren irrthümlicher Auffassung als „Plasmatropfen" Veranlassung gegeben.

Neben den jungen Gewebezellen (I. 1 4, 5) entsteht in der proteinartigen Inhaltsflüssigkeit nach und nach eine mehr oder minder grosse Anzahl von Zellen, die nicht zu Gewebezellen werden, sondern welche durch ihre Assimilationsthätigkeit die in den Pflanzen vorkommenden Secrete erzeugen (I. 1, 7). Diese Secretionszellchen werden aber auch wieder mehr oder minder bald verflüssigt und durch neue ersetzt, welche aus dem Verflüssigungsproducte jener und mit Hinzunahme der von aussen aufgenommenen unorganischen Stoffe andere ähnliche oder verschiedenartige Absonderungsstoffe bilden, bis auch sie endlich im Verein mit den endosmotisch aufgenommenen unorganischen Verbindungen von den sich vergrössernden jungen Gewebezellen resorbirt werden, denen sie zum Theil als Nährstoff für ihre Wandung zum Theil zur Vermehrung ihrer formungsfähigen Inhaltsflüssigkeit dienen.

Bei diesen Secretionszellchen (I. 1, 7) ist es sowohl die Membran (Amylum, Harze, Oele, Fette, Säuren etc.) als auch ihre Inhaltsflüssigkeit (Farbstoffe, Gerbstoffe), welche das Secret, den vegetabilischen Secretionsstoff, liefert.

Schon in dem proteinartigen Inhalte der Kernzellen (I. 1 und 3, 4, 5) (Zellkern Schleiden) finden sich die ersten Anfänge dieser Secretionszellchen als höchst kleine Bläschen oder als noch kleinere körnchenähnliche Körperchen. Mit der Vergrösserung der Kernzelle, ihrer Specialmutterzelle, wachsen auch diese Zellanfänge und dehnen sie sich aus. Dies Wachsthum geschieht ohne Zweifel auf Kosten des von ihrer Mutterzelle zum Theil durch Assimilation hervorgebrachten zum Theil endosmotisch aufgenommenen Stoffes, den sie, eine jede ihrer natürlichen Anlage gemäss, assimiliren und entweder ihre Membran oder ihren Inhalt dadurch vermehren.

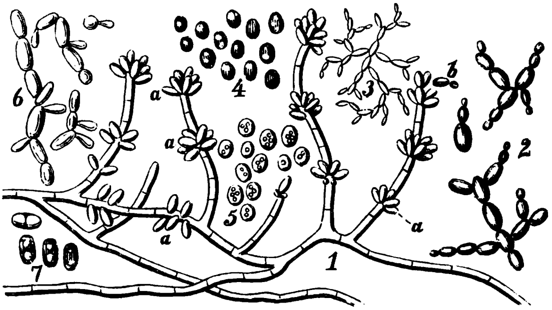
Ein Charakter der Gewebezellen liegt also in ihrer Fähigkeit sich zu regeneriren, und ohne Zweifel ist die Natur der jüngeren secundären etwas verschieden von der Natur der primären Zellen. Die Secretionszellen dagegen besitzen diese

Fähigkeit, eine neue Zelle aus ihrem Inhalte zu erzeugen, ganz in der Regel nicht. Eine Ausnahme hiervon machen die Chlorophyll enthaltenden Zellchen (Chlorophyllbläschen fälschlich Chlorophyllkörner genannt), in denen bei zusammengesetzt gebauten Gewächsen bis zu den Algen hinab häufig ein Amylumbläschen als Kernzelle entsteht, welches auf Kosten jenes, dickwandig werdend, heranwächst. Diese Chlorophyllbläschen sind daher eine Mittelform zwischen Gewebe- und Secretionszelle. Bei vielen Algen und bei den Flechten sind sogar diese Chlorophyll enthaltenden Zellchen wirklich Gewebezellen, wie dies bei den Algen so deutlich zu erkennen ist.

II. Hefezellen-Wachsthum.

Die Hefezellen, Mycoderma Pers., werden je nach ihrem Wohnorte und ihrer von diesem abhängigen Form gewöhnlich als Bier- (M. cerevisiae) Fig. 2 und 4, Essig- (M. aceti) Fig. 3, Wein- (M. vini) Fig. 3 und 5, Milchhefe (Oidium lactis) Fig. 6 und 7 etc. und in jedem Falle wieder als Ober- und Unterhefe unterschieden.

Fig. II.



Im Mittel sind die Zellen der Bier- und Weinoberhefe eiförmig, deren Unterhefe kugelig, die der Essigoberhefe länglich bis spindelförmig, die der Milchunterhefe oval. Die Essighefe entwickelt bei geringerem Zutritt der Luft, also unter der Nährflüssigkeit kuge-

Fig. II. Hefe. Ein Cladosporium-Mycelium, welches im Johannisbeersaft wächst und Hefezellen *a a a* entwickelt, die bei *b* abgefallen sind und zu sprossen beginnen. 2. Bieroberhefe. 3. Essigoberhefe. 4. Bierunterhefe während der Gährung. 5. Ruhende Weinunterhefe. 6. Sprossende Milchhefe. 7. Vier Entwickelungsstadien einer Milchhefezelle bei beginnender Mycelbildung.

lige, die Milchhefe im entgegengesetzten Falle cylindrische Zellen innerhalb ihrer fadenförmigen Mutterzelle. Ueberdies hat die Temperatur und ganz besonders die chemische Beschaffenheit des Nährstoffes einen grossen Einfluss auf das Zustandekommen der bezeichneten Formen, da im Allgemeinen ebenso wie bei den Algen (Ges. Beitrg. pag. 414) bei vorwiegendem Stikstoffgehalt der Nahrung die Zellen eine mehr sphärische, bei vorwiegendem Kohlengehalt eine mehr gestreckte Form annehmen.

Bei den Hefezellen sowie bei den vegetativen Pilzzellen im Allgemeinen ist der zwischen Secretions- und Gewebezellen physiologisch bestehende Unterschied so lange nicht zu erkennen, als letztere nicht durch überwiegende Grösse oder durch astförmiges Heranwachsen über die Oberfläche der Mutterzellen sich auszeichnen. Beide Arten von Tochterzellen sind entweder mit gleichförmiger wässrig durchsichtiger Flüssigkeit angefüllt, und geben dem flüssigen eiweissartigen Inhalte ihrer Mutterzellen ein schaumiges Ansehen (dann aus Unkenntniss ihrer eigentlichen Natur „Vacuolen“ genannt), oder einige sind gleichfalls voll proteinartigen Inhalts. Letzteres kann nicht allein bei den künftigen Gewebezellen sondern auch bei Secretionszellen stattfinden. In diesem Zustande lassen dann diese kleinen aus Eiweissstoffen bestehenden und mit Verbindungen dieser Art gefüllten Inhaltszellchen ihre Structur, d. h. die einen flüssigen Inhalt einschliessende Haut nicht erkennen. Sie erscheinen dann auf den ersten Blick als Fetttropfen und sind auch häufig für solche gehalten worden. Dies ist jedoch ein Irrthum, denn bei Beobachtung ihrer ferneren natürlichen Entwickelung sieht man in der scheinbar gleichförmigen Masse einen oder mehrere Kerne auftreten, die sich bald als Zellen zu erkennen geben, welche den Zellsaft, in dem sie entstanden, während ihrer Ausdehnung vollständig resorbiren. Auch durch Behandlung dieser glänzenden Körper mit Alkohol und Aether erkennt man, dass der scheinbare Oeltropfen eine durch diese Reagentien coagulirbare Substanz ist, die sich nicht oder nur zum geringsten Theile in denselben löst und zugleich auch, dass dieselbe die Hefemutterzelle nicht völlig erfüllt, sondern nur den Zwischenraum, den eine oder mehrere dieser Tochterzellen zwischen einander und der Membran der Mutterzelle übrig lassen. Auch kommt es vor, dass alle Inhaltszellchen durch Proteinstoffe undurchsichtig und dabei nach und nach so gross werden, dass sie, indem sie sich einander berühren, auch ihre Mutterzelle gänzlich ausfüllen, so dass

diese dann unmittelbar mit dem Eiweissstoffe erfüllt erscheint, ein Irrthum, vor dem wiederum die Behandlung mit Alkohol auf dem Objecttische des Mikroskopes bewahrt.

Indem sich bei den durch verschiedene Ernährung verschiedenartig entwickelten Hefeformen eine oder zwei von allen Inhaltszellen so weit vergrössern, dass sie die Mutterzellen als deren secundäre (I. 4, 2) oder als deren Tochterzellen (I. 4 *aaaa* II. 7) ganz ausfüllen, werden alle übrigen in der Mutterzelle enthaltenen Zellanfänge an die Wandung der letztern gedrängt und, wenigstens die grösseren, mit dem übrigen flüssigen Inhalt mehr oder minder resorbirt.

Wie weit die Resorption dieser verschiedenen Zellchen vorschreitet, ist noch genauer zu untersuchen. Manche derselben bleiben, ihres Inhaltes beraubt, mit zarten durchsichtigen Membranen oder als höchst kleine, körnchengleiche Bläschen noch lange zwischen den beiden eng aneinander liegenden Häuten der Mutter- und Tochterzellen, wie das aus später zu beschreibenden Erscheinungen hervorgeht[1]).

Bei denjenigen Hefeformen, die als Bier-, Wein-, Essig-Oberhefe bezeichnet werden, da sie auf der Oberfläche ihrer Nährflüssigkeit vegetiren so wie bei der Milchunterhefe, wachsen wie es scheint die Tochterzellen rascher wie ihre dem Einflusse der Luft[2]) ausgesetzten Mutterzellen, sie sind das formbestimmende Element des ganzen Vegetabils.

Sofort nach dem beendeten Wachsthum ihrer Mutterzelle beginnt eine der in der entwickelten Hefezelle enthaltenen Zellchen gleichfalls heranzuwachsen, bis sie dieselbe gänzlich erfüllt und alle ihre Schwesterzellchen (so weit diese nicht etwa schon während dessen verflüssigt, und von ihr resorbirt wurden) an die innere Oberfläche ihrer Mutterzelle zu drängen. Bei kräftiger Entwickelung dieser Hefezellen beginnt dann sofort eine, an dem spitzen Ende der eiförmigen (so gewöhnlich bei der Bier- und Weinoberhefe) oder zwei jederseits eines Endes der oblongen Mutterzelle (so in der Regel bei Essig- und Milchhefe

---

[1]) Diese Zellchen entsprechen dann denen, welche bei Gewebezellen das durchlöcherte oder punktirte Ansehen der meistens verdickten Membran hervorbringen.

[2]) Der bedeutende Einfluss, den die atmosphärische Luft auf die Zellentwickelung ausübt, wurde schon bei meiner ersten mikroskopischen Untersuchung über die Entwickelung der Hefe (Ges. Beitr. pag. 199) erkannt und von allen neueren Beobachtern bestätigt.

II. 3, 6) zwischen den beiden Membranen der Mutter- und Tochterzelle befindlichen Zellanfänge sich gleichfalls zu entwickeln und zwar stets umhüllt von dem gleichfalls und gleichzeitig auswachsenden Theile der sie bedeckenden Mutterzelle, später fangen andere, unregelmässig an der inneren Oberfläche der Mutterzelle gelagerten Zellanfänge gleichfalls zu wachsen an.

Indem diese neuen anfangs in kugeliger Form neben der schon erwachsenen sphärisch bleibenden Schwesterzelle hervorgewachsenen Zellchen auch später eine sphärische Form behalten, also keine ausgedehnte Berührungsfläche mit dieser ihrer Schwesterzelle haben, erhält das ganze Vegetabil eine Ketten- oder Rosenkranzform, deren Entwickelung als Sprossen bezeichnet wird (II. 2 und 6).

Bei der Unterhefe dagegen, die am Grunde der Nährflüssigkeiten, also bei unvollkommenem Luftzutritte, vegetirt, wächst mit Ausnahme der Milchhefe die Mutterzelle rascher wie ihre sich gleichfalls entwickelnden Tochterzellen und bleibt entweder mehr oder minder kugelig, bei der Bier- und Weinhefe, (V. 10, II. 4, 5) oder wird fadenförmig gestreckt, zu Hygrocrocis förmigen Vibrionenketten bei der Essighefe. Letztere Fadenform nimmt die Milchhefe als Oberhefe an, indem sie bei Zutritt der Luft in milchzuckerhaltiger Flüssigkeit zu Oidium lactis auswächst (III. 1).

Die Häute der Mutterzellen, welche den eingeschlossenen Tochterzellen als Hüllhaut, Cuticula dienen, verändern ihre chemische Constitution während dieser Entwickelung in der Weise, dass sie endlich aufgelöst und die eingeschlossenen Tochterzellen dann frei werden.

An den der Luft ausgesetzten Zellen ist dieser Process zugleich von einer Cuticularisirung der Oberhaut wenigstens der äussersten Schichte derselben begleitet. Bei ruhenden Hefezellen schreitet dieselbe zuweilen bis zu dem Grade vor, dass diese cuticularisirte Schicht, wenn die secundäre Zelle zu wachsen beginnt, weder sich löst, noch gleichzeitig mit auswächst, sondern wie bei manchen Pollen- und Gonidienzellen [1]) von der sich ausdehnenden Tochterzelle zersprengt und abgestreift wird. Diese

---

[1]) Die cuticularisirten Gonidienzellen werden jetzt meistens, ebenso wie die Gonidien der Gefässkryptogamen und die Samen der Moose und der übrigen Zellenkryptogamen Sporen genannt. In Betracht der verschiedenen Natur der „Sporen“, der Gefäss- und Zellenkryptogamen, sowie

bei Hefezellen selten vorkommende Erscheinung beobachtete ich bei Milchhefezellen, die auf dem Objectträger in feuchter Luft mehrere Wochen mit Milchzucker, weinsteinsaurem Ammoniak und den der Hefe zusagenden unorganischen Salzen: phosphorsaurem Natron-Ammoniak, phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia ernährt waren und darauf wieder mit Wasser befeuchtet wurden. Das von Pasteur vorgeschlagene weinsteinsaure Ammoniak hat vor dem von mir schon 1848 angewendeten kohlensauren Ammoniak (Gesammelte Beiträge pag. 196) den Vorzug, dass von demselben ohne Nachtheil grössere Mengen gegeben werden können, und durch Verflüchtigung nichts verloren geht. Die abgestreifte und zusammengeschrumpfte Oberhaut haftete der anfangs kugelig sich ausdehnenden, später schlauchtreibenden Tochterzelle haubenartig längere Zeit an.

Bei der Essig- und Milchhefe haben, wenn sie in stickstoffarmer Flüssigkeit vegetiren, letztere besonders bei Zutritt der Luft, zwei mit der Natur von Gewebezellen begabte Tochterzellen, die Neigung sich gleichzeitig innerhalb der gleichfalls wachsenden, walzlich bleibenden Mutterzelle zu vergrössern. Bei letzterer legen sich beide, wenn sie die Mutterzelle von den Enden her ausfüllen und die übrigen Zellchen an deren Wandung gedrängt oder resorbirt haben, so an einander, dass sie eine meist zur Längenaxe anfangs schräg, dann rechtwinklig stehende Scheidewand bilden. Es tritt diese Scheidewandbildung bei den Milchhefezellen mit der grössten Leichtigkeit ein, wenn dieselben auf der Nährflüssigkeit schwimmen oder nur mit einer mässig dicken Schicht derselben bedeckt sind. Ihre dem ganzen Individuum als Hüllhaut (Cuticula) dienende Mutterzelle verästelt sich dann zugleich mit den sich zu Gliedzellen entwickelnden Tochterzellen und es entsteht das gegliederte als Oidium lactis bekannte

---

in Betracht der für die Flechtengonidien und viele Pilzgonidien schon eingeführten Benennung halte ich es für zweckmässig, diese bei den Gefässkryptogamen eine Blumenknospen-Mutterzelle repräsendirende Zelle Spore, bei den blattlosen Zellenkryptogamen, wo dieselbe einer Blattknospe entspricht, sie Gonidien zu nennen. Diese Gonidien sind ihrer Beschaffenheit nach in cuticularisirte oder nicht cuticularisirte in Dauergonidien und sogleich keimende Gonidien etc. zu unterscheiden. Die aus diesen Gonidien in nicht seltenen Fällen bald hervorsprossenden Gonidien zweiter Ordnung sind wohl am einfachsten und verständlich „Gonidiolen“ zu nennen. Man vergleiche meine Abhandlung „Ueber die Geschlechtsthätigkeit der Pflanzen.“ Bot. Unters. pag. 84.

Mycelium. Die aufsteigenden sich in die Luft erstreckenden Zweige desselben zerfallen leicht in die einzelnen, länglich-cylindrische Gliedzellen bildenden Tochterzellen, die in der Nährflüssigkeit bald beiderseits abgerundet werden und zu sprossender Hefe auswachsen (pag. 8 II. 6 und pag. 18 III. 1 und 2) oder wenn sie an der Oberfläche der Flüssigkeit verbleiben, nach Art der Gonidien und Sporen, Schläuche treiben, nachdem ihre secundäre, aus Proteinstoffen bestehende Membran einige Dicke erreicht hatte.

Schwieriger treibt die Essigoberhefe so wie die Wein- und Bierhefe dergleichen zu Mycelien sich entwickelnden Keimschläuche, und scheint es hierbei auf die mehr oder minder lange Existenz der Hefe als solche anzukommen, auf die Anzahl von Generationen, die der eben vorliegenden seit ihrer Entstehung aus Secretionszellchen vorhergehen, ein Verhältniss, auf das ich weiter unten zurückkommen werde.

Letztere drei Hefeformen unterscheiden sich, wie oben bemerkt in ihrer kettenartig an einander gegliederten Oberhefeform durch die grössere und geringere Länge der Gliedzellen. Die Essighefezellen sind viel schmäler als die grössere längliche bis ovale Milchhefe, dabei beiderseits spitz; die der Bier- und Weinoberhefe sind meist eiförmig. Letztere wird nicht selten verwechselt mit der auf dem gegohrnen der Säuerung ausgesetzten Weine vorkommenden Essigoberhefe (Kahm).

Durch Aenderung der diesen Hefearten eigenthümlichen Nahrung kann eine Form in die andere übergeführt werden. Die sich von Rohr- und Traubenzucker ernährende Bier- und Weinhefe wird durch Darreichung von verdünntem Alkohol an Stelle des Zuckers in Essighefe, durch Ernährung mit Milchzucker, der durch die dann sofort entstehenden Bacterien rasch in Milchsäure umgesetzt wird, in Milchhefe verändert, deren viel grössere längliche Gliedzellen, nach Sättigung der überschüssig vorhandenen Säure mit kohlensaurem Natron die Neigung haben, innerhalb der dann cylindrisch bleibenden Mutterzelle zu cylindrischen Gliedzellen eines sich verästelnden Mycelium auszuwachsen.

Diese Umänderung der Bier- in Milch-, oder richtiger der Rohrzucker- in Milchzuckerhefe geht sehr bald vor sich, meistens schon bei der dritten Zellgeneration [1]) (schon die Verzweigung

[1]) Zuweilen scheint selbst die Bierhefe unmittelbar in Milchhefe überzugehen, wenn nämlich grössere Quantitäten derselben ohne trock-

dritten Grades bei der Oberhefe); die Milchhefe dagegen in Bierhefe überzuführen erfordert, in der Regel wenigstens, eine Zeit von 10—14 Tagen.

Um jedoch eine Hefenart in die andere überzuführen, ist es nöthig die anhängende Nährflüssigkeit gänzlich zu entfernen. In der Regel genügt blosses Abgiessen der Nährflüssigkeit nicht, vielmehr ist, um eine solche Aenderung der Hefeform durch eine andere Nährflüssigkeit herbeizuführen, ein wiederholtes Abwaschen der Hefe nöthig: wodurch dann freilich die Assimilationsthätigkeit der Mutterzellen mehr oder minder zerstört und den heranwachsenden Tochterzellen die neue Richtung in der Art des Stoffwechsels aufgedrungen wird.

III. Hefezellen-Entwickelung.

Das Hervorgehen von Hefevegetationen aus Schimmelpflanzen wurde, seitdem ich darauf aufmerksam machte, von verschiedenen Botanikern beobachtet und zum Theil gründlich studirt, so von Bail, Hoffmann, Hallier, J. Lüders u. a., wogegen Pasteur und seine Schule behaupten, jede Hefeform sei eine selbstständige Pflanzenspecies. Um letzteres zu beweisen wäre es nothwendig gewesen, die Generationsorgane nachzuweisen, was indessen nicht geschah. Aber es gehört auch ein ausserordentlich geringes Maass von Ausdauer im Beobachten dazu, um sich von dem eigentlichen Sachverhalte zu überzeugen, davon nämlich, dass die Hefezellen nur durch vorzeitige Entwickelung der endogenen Zellen erkrankter oder übermässig ernährter Mutterzellen entstehen, sei es durch Hypertrophie, wie bei den sehr plasmareichen Gewebezellen und Gonidien der Pilze, (II. 1. *a*) oder durch Atrophie, (V. 1, 2, 3) in welchem Falle sie in kleinster Zellform als Vibrionenkeime aus den erkrankten Mutterzellen hervorwachsen oder sich in denselben als Micrococcus entwickeln.

Das Auftreten von Hefezellen in ersterer Form an dem kräftig vegetirenden aber noch nicht Gonidien tragenden Mycelium und an den Gonidien von Pilzen ist sowohl dem Hervorwachsen der jungen Hefezellen aus ihren Mutterzellen als auch dem der

---

nenden Zusatz langsam eingetrocknet werden; es finden sich dann alle Uebergangsformen in der Masse von der kleinen kugeligen oder eiförmigen Bierhefe zu der grossen schlauchtreibenden Milchhefe und dem Oidium lactis, welches seine zergliedernden Zweige über die Oberfläche erhebt.

Gonidiolen vieler Gonidien und der Samen der Basidiomyceten sehr ähnlich.

Diese morphologische Aehnlichkeit des Entwickelungsganges der Hefezelle mit dem von Samen und Gonidien der blattlosen Zellenpflanzen und von Brutknospen der Gefässpflanzen entspricht aber, wie es scheint, nicht der physiologischen Bedeutung dieser Organe, denn meinen Wahrnehmungen zufolge entwickeln sie sich nicht auch wie diese zu der mütterlichen Form, sondern sie vermehren sich nur, so lange sie in dem gleichen oder ähnlichen Nährstoffe und annähernd in derselben Temperatur verbleiben, in der ihnen eigenthümlichen Form.

Am besten ist dieser Vorgang der Hefeentwickelung an dem Mycelium von Penicillium, Cladosporium, Monilia u. a., die in säuerlichen Fruchtsäften vegetiren, zu beobachten. An den Aesten dieser Mycelien bilden sich, wenn sie üppig und plasmareich vegetiren, so lange sie nicht fructificiren, kleine, anfangs als Knötchen und Wärzchen erscheinende Zweige, die eine Eiform annehmen, (II. 1. *a. a*) indem sie wie beim Sprossen der Hefe, der Gonidien etc. nicht mit breiter Basis aufsitzen wie die wirklichen Verzweigungen des Mycelium. Diese eiförmigen Zweige trennen sich entweder sofort von denselben, nachdem ihr Durchmesser etwa den der Mutterzelle erreicht hatte, oder sie entwickeln, hefeähnlich, Aeste und Zweige, und diese Verästlungen trennen sich von den Mycelienzweigen [1]), um in der Flüssigkeit in gleicher Weise weiter zu vegetiren und den darin gelösten Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen.

Die Entwickelung dieser Hefevegetation aus dem Mycelium geschieht in ausserordentlicher Fruchtbarkeit. In wenigen Stunden entwickeln sich aus einem kurzen Mycelfaden, wenn dieser bei 20—30° C. in Flüssigkeiten vegetirt, die an Nährstoffen für die betreffende Pflanzenart reich sind, z. B. in Fruchtsäften, hunderte von Hefezellen, die von demselben abfallen ohne dessen Wachsthum und Entwickelung neuer Hefezellen im geringsten zu beeinträchtigen. Mit dem Beginn der Gonidien-Entwickelung erlischt diese Hefewucherung aus dem Mycelium.

Dieses Fig. II. 1 von Cladosporium penicillioides Pr. (C. herbarum Lk.)? dargestellte Hervorwachsen zahlloser Zellen

---

[1]) Von denjenigen, die die innern Vorgänge der Zellenentwickelung in dieser Hefe-Mutterzelle sowie auch in den Hyphen, den Sterigmen und Basidien der Pilze nicht erkannten, werden diese freigewordenen Gonidien und Samen nur als „abgeschnürte“ Theile der Mutterzelle betrachtet.

von der eigenthümlichen Form und Entwickelungsweise der Hefe über die Oberfläche des continuirlich sich weiter entwickelnden, wenn auch nicht Sporen erzeugenden Myceliums findet seine Analogie und Erklärung in den bald zu beschreibenden Microgonidien, sog. Micrococcuszellen.

Nach Beendigung der Hefeentwickelung erscheinen an dem hier abgebildeten Mycelium die bekannten (IV. 11) dargestellten Cladosporium-Hyphen. Die noch lange beobachtete Hefe zerfiel in ihre Gliedzellen und blieb, bis neue Nährstofflösung hinzugefügt wurde, unverändert, auch dann aber sah ich kleine Mycel- oder Gonidienentwickelung aus derselben hervorgehen.

Da von anderen Beobachtern eine Entwickelung der Hefe und hefeartigen Zellen zu höher organisirten Pilzformen und zwar zu Penicillium, Mucor, Aspergillus von Bail, Berkeley, Hoffmann, Lüders und Hallier, von letzterem überdies zu einer grossen Anzahl anderer Hypho- und Coniomyceten gesehen wurde, bemühte ich mich durch sehr zahlreiche Versuche gleichfalls diesen an und für sich sehr glaublichen Vorgang zu beobachten. Zu diesem Zwecke brachte ich etwas von der zum Theil in reinem Wasser, zum Theil in Nährstofflösungen verschiedener Art, theils schwimmend, theils nur angefeuchtet an der Unterseite eines Deckglases ausgebreitet hängenden Hefe in die mehr oder minder feuchte Kammer, von wo ich sie jederzeit auf den Mikroskoptisch übertragen und beobachten konnte. Wenn die so als eigentliche Objectträger dienenden Deckgläser einige Ausdehnung haben, ringsum von Glasleisten getragen auf einem gleichfalls etwas angefeuchteten (und wenn abgetrocknet, nach dem Abheben des nicht umgewendeten dünnen Objectträgers wieder anzufeuchtenden) gewöhnlichen Objectträger ruhen und mit diesem gemeinschaftlich als geschlossener Objectträger aus dem feuchten Raume auf den Mikroskoptisch gebracht werden, so kann die Beobachtung ohne Umwendung des Objectträgers und möglichst rasch ausgeführt werden. Es erhält sich die Feuchtigkeit, in der die Hefe liegt, fortwährend und man kann diese, gänzlich ungestört durch etwa von aussen hinzukommende Verunreinigungen, lange Zeit beobachten. Den grösseren feuchten Raum, die sogenannte feuchte Kammer stellt man sich am einfachsten durch zwei nahe übereinander liegende grosse Glastafeln her, deren untere mit angefeuchtetem, um Fliegen, Milben etc. abzuhalten, mit Gift getränktem Papiere bedeckt ist.

Diese Versuche liessen mich nun seither nie die Entwickelung eines der genannten Pilze aus wirklicher Hefe, besonders aus solcher Hefe erkennen, die längere Zeit, also während zahlreicher Generationen als Unterhefe, Microsporon, Micrococcus oder in der sog. sprossenden Oberhefeform und als eine Oidiummycelform vegetirt hatte. Sie vermehrte sich nur in eben diesen, je nach dem Substrat variirenden Hefeformen oder entliess die Micrococcus genannten Microgonidien, wenn sie in Verhältnisse gebracht wurde, die deren Erscheinen begünstigte. Ein hie und dort vereinzelt, und dann gewöhnlich sehr bald auftretender, aus fremden durch Zufall beigemengten Gonidien oder aus abgerissenen und der Hefe beigemengten Mycelzellen entstandener Schimmel konnte aber stets als fremder Gast erkannt werden, der zwischen den Hefezellen hinwucherte, ohne diese in ihrer eigenthümlichen Entwickelung zu stören.

Die Milchhefe treibt, auch wenn die Milchzuckerlösung, auf der sie schwimmt, mit den pag. 12 genannten Nährstoffen vermischt war, Schläuche, die nur wieder Oidiummycelien entwickeln, deren Zweige sich wohl hyphenartig in die Luft erstrecken, daselbst aber keine eigenthümlich geformten Gonidien hervorbringen. Sie zerfallen nur oidiumartig wieder in ihre Gliedzellen als Milchhefe (III. Fig. 1).

Auch auf Stärkekleister mit einer Lösung von weinsteinsaurem Ammoniak und mit Traubensaft vermischt, Stoffe die für die Entwickelung der meisten Hyphomyceten höchst günstig sind, entwickelt das in Micrococcus und Microsporon zerfallende und sprossende, Hefe gebende, Oidium keinen andern Schimmel, keine eigentliche Hyphomycetenform.

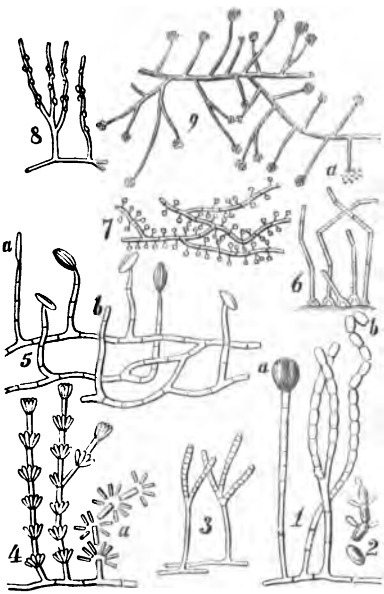
Bei einer Aussaat obiger Milchhefe auf dickflüssiges Eiweiss, das Milchzucker enthielt, richtete sich schon der erste Keimschlauch in die Luft, entwickelte aber gleichfalls nur eine Reihe abgliedernder Zellen, die höchstens durch ihre etwas mehr elliptische, an Monilia erinnernde Form von der gewöhnlichen Milchhefe abwich [1]).

Auf eine Lösung von apfelsaurem Kalk mit weinsaurem Ammoniak gesäet, verästelten sich die aufgerichteten Hyphen zu

[1]) Monilia cinerea in Milchzuckerlösung gebracht, entwickelt sehr bald Oidium lactis, die Vermuthung jedoch, dass Monilia und Oidium nur Form-Variationen seien, wurde durch Aussaat von Oidium lactis auf süsse Kirschen nicht bestätigt. Penicillium-Gonidien auf oben beschriebene

einem Mycelium, an dessen kurzen aufrechten Zweigen die obersten cylindrischen Gliederzellen sofort nach der völligen Entwickelung abgliederten, zurückfielen und an die nächst untern der Länge nach anklebten. Diese fielen mit ihr dann gleichfalls zurück und verklebten mit der dritten u. s. f., so dass schliesslich ein dem Cephalosporium ähnlicher Kopf entstand. III. 9.

Fig. III.



Wahrscheinlich gehören viele Cephalosporien, Acremonien, III. 7 [1]) Verticillien, Acrostalagmen, Haplarien, III. 8, Chalara, III. 6, vielleicht auch Cladosporien, Monilia-, Torula- und Fusisporium-Arten, z.B. F. Solani, III. 5, Ceratocladium, Acrothamnium III. 3 etc., gleich wie das eben beschriebene Cephalosporium ähnliche Gewächs nicht in die Ordnung der Hyphomyceten sondern mit Oidium (lactis und dem wohl identischen Oidium albicans) in die der Hefevegetationen oder Schizomyceten.

Auf Traubensaft beobachtete ich eine andere ohne Zweifel in diese Gruppe gehörende Vegetation, III. Fig. 4, ein Oidium lactis, aus dessen Gliedzellen an den aufgerichteten Zweigen, am obern Ende ringsum, also quirlständig, kurze Zweige her-

---

dickflüssige Lösung von Hühnereiweiss gesäet, trieben einen Keimschlauch, der sehr bald sich in die Luft erhob und eine Torulakette entwickelte. In etwas flüssigerem Eiweiss wuchs ein Mycelium aus der Penicillium-Gonidie hervor, dessen Hyphen wieder in normaler Weise Penicillium-Gonidienketten trugen.

Fig. III. Oidium lactis Fresen. Bei *a* ein Tropfen aus schleimiger Milchsäure. 2. Die abgegliederten Endzellen der aufrechten Hyphen unter Flüssigkeit als Milchhefe sprossend. 3. Acrothamnium violaceum Nees. 4. Oidiastrum, eine Hyphe *a* nebst den kurzen Quirlästen zergliedernd. 5 Fusisporium Solani Mart. *a* junge Hyphe mit einer endständigen Gonidie, *b* alte Hyphe von der die Gonidien abgefallen sind. 6. Chalara fusidioides. 7. Acremonium alternatum Lk. 8. Haplaria repens Bon. 9. Cephalosporium Acremonium Crd.

[1]) Das Acremonium scheint nur ein noch jugendliches Cephalosporium, dies sah ich nicht selten in Verticillium ähnliche Formen übergehen.

vorsprossen, die auf der Spitze des Endgliedes zu einem Cephalosporium ähnlichen Köpfchen zusammen geneigt sind. Da diese Form noch keinen Namen hat, nenne ich sie Oidiastrum.

Um über die Natur der von Schimmeln abstammenden Hefe mich zu unterrichten und um zugleich zu erfahren, ob die aus Penicillium entstandene Hefe etwa mit grösserer Leichtigkeit wieder Penicillium, die aus Mucor entstandene wieder diese Pflanze gebe, brachte ich Gonidien jeder dieser Pflanzen in gekochtes Zuckerwasser, in welchem die pag. 12 genannten Nährstoffsalze gelöst waren. Darin liess ich nun unter öfterem Umschütteln (um die etwa nicht untergetauchten Gonidien oder deren erste Hefesprossungen unter die Flüssigkeit zu bringen) bis zum Verbrauch des Zuckers die Hefe vegetiren, worauf ich wiederholt die ausgegohrnen Flüssigkeiten durch neue Zuckerlösung, die etwas weinsteinsaures Ammoniak enthielt, ersetzte.

Penicillium-Gonidien geben, unter sehr concentrirte Zuckerlösung getaucht, sehr zarte Keimschläuche, ähnlich den als Leptothrix beschriebenen Formen; in weniger concentrirter Zuckerlösung sprosst aus diesen Sporen bei verhindertem Luftzutritte sehr bald Hefe hervor, wie diess unter dem Deckglase auf dem Mikroskoptische leicht zu beobachten ist. Auch die auf diese Flüssigkeit getriebenen Keimschläuche entwickelten bald Hefevegetationen, nachdem sie untergetaucht wurden.

Schwieriger und seltener geschieht die Hefesprossung aus Mucorgonidien, welche leichter Microgonidien und Vibrionen, die sich zu Hefe entwickeln, als direct sogleich Hefe geben; doch habe ich gleichfalls auch Letzteres unter dem Deckglase vor sich gehen sehen [1]).

Nachdem die mit Gonidien von Mucor stolonifer VII. 2 und Penicillium crustaceum IV. 9 eingeleiteten Gährungen, die selbst bei 20° C. als Untergährung vor sich gingen, gegen 8 Wochen fortgesetzt waren, wodurch dann der Rohrzucker in Alkohol und Kohlensäure umgesetzt worden war, wie es schon der Geruch, das Brennen des Destillationsproductes und überdies die Röthung gebläuten, mit Platinmohr in Berührung gebrachten Lackmuspapiers durch die Dämpfe der gegohrnen und vor der Destilla-

[1]) Auch mit Penicillium-Gonidien gelingt nicht stets diese Hefecultur, worüber ich keine Rechenschaft geben kann, vielleicht hängt es von dem Alter der Gonidien ab? vielleicht auch von dem Boden, welche deren Mutterpflanze ernährte? der ohne Zweifel auf die chemische Constitution der Zellwände von dem grössten Einflusse ist.

tion neutralisirten Flüssigkeiten ergab, säete ich etwas von der Hefe auf dünne in feuchtem Raume stehende Objectträger mit der pag. 12 angegebenen Lösung wie oben beschrieben, theils feuchter theils trockener gehalten. In der Mucorhefe befanden sich auch jetzt noch viele unveränderte Mucorgonidien eingestreut, ungeachtet der angewendeten Vorsicht die gährende Flüssigkeit öfter umzuschütteln und wiederholt in ganz reine Gefässe überzugiessen, um die etwa den obern Gefässwandungen angeklebten Gonidien auszusondern. Die Hefezellen selbst waren kugelig und meistens viel kleiner als gewöhnliche Hefe.

Viele jener wohlerhaltenen Mucorgonidien trieben, auf den oben beschriebenen Objectträger gebracht, in der Nährflüssigkeit Schläuche und bildeten in derselben anfangs scheidewandlose kräftige Mycelien. Aus diesen, denen von Mucor höchst ähnlichen Mycelien, jedoch gingen nie Mucorhyphen hervor; vielmehr sah ich in diesem Mycelium zahlreiche Tochterzellen auftreten, die dasselbe bald gegliedert machten. Seine letzten sich aufrichtenden Zweige, nicht etwa ein an diese hinaufwucherndes Penicillium, wie dies wohl in andern Fällen vorkommt, entwickelten sich zu Hyphen, an denen normale Verzweigungen und Gonidienketten von Penicillium crustaceum Fr. erschienen [1]). Diese mehrmals wiederholten Versuche schienen mir die Ansicht Coemans's und Hallier's [2]) von der Zusammengehörigkeit von Penicillium und Mucor zu bestätigen, um so mehr als ich in einem andern Falle auf einem und demselben Mycelium neben einer Mucorhyphe unzweifelhafte Torulagonidienketten auf aufrechten Aesten beobachtete, wie es schon J. Lüders angibt [3]).

Diese Torulaketten waren ausserordentlich ähnlich den in dem liegenden Mycelium zahlreich und nicht selten ebenso unmittelbar (Xenodochus ähnlich) aneinandergereiht vorkommenden Macrogonidien, den sogenannten Brutzellen, bildeten aber wie gesagt das Ende eines aufgerichteten Astes. J. Lüders glaubt diese Ketten entstanden durch Prolification von Mucorperidiolen

---

[1]) Bail dagegen, der gleichfalls schon die Entstehung von Hefe aus Mucor beobachtete, sah Penicillium olivaceum Bonord (Cladosporium penicilloides Preuss, Cl. herbarium Lk.?) aus dem Mucor hervorgehen.

[2]) M. Schultzes Archiv Bd. II. 1866.

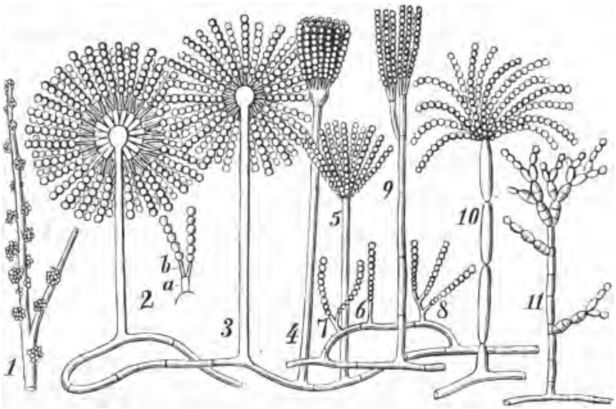
[3]) Ebenso beobachtete ich bei feuchten Culturen sehr häufig die von J. Lüders gesehenen, aber nicht richtig gedeuteten spät entstehenden Mucorköpfe, deren Peridiolum so zart bleibt, dass die wenigen grossen Gonidien frei auf der Columella zu liegen scheinen.

also gleichwerthig mit Peridiolenkeften; ich erkannte nie mehrere Gonidien in denselben, habe aber freilich ihre Keimung nicht beobachtet.

Auf Eiweiss gesäet keimten die Mucorgonidien gleichfalls, indem die secundäre Zelle sehr deutlich an einer, zwei oder mehreren Stellen die primäre Zellhaut durchbrechend zum Keimschlauch sich verlängerte; zur Hyphen- und Gonidienentwickelung brachten sie es dann aber nicht, sondern gingen im Mycelzustande wieder zu Grunde.

Ausser den unveränderten Mucorgonidien befanden sich in der Mucorhefe auch stets Zellen, die den Penicilliumgonidien ausserordentlich ähnlich waren, obgleich ich mich bemüht hatte, durch mehrfache Auswahlculturen reine Zucht von Mucor für

Fig. IV.



diese Versuche zu erhalten und kein Penicillium neben dem Mucor beim Herstellen des Gährgemenges zu erkennen war [1]).

Diese Penicilliumgonidien ähnlichen Zellen, die ich für Mucorgonidien-Hefe ersten Grades (direct aus Mucorgonidien

---

Fig. IV. 1. Ast von Botrytis Bassiana (Bals. Criv.) 2. Sterigmatocystis antacustica (Cramer) *a* das Sterigma erster Ordnung, welches die beiden Gonidienketten tragenden Sterigmata zweiter Ordnung trägt. 3. Aspergillus glaucus (wie vorige im mittleren Durchschnitt gezeichnet). 4. Asp. flavescens. 5. Asp. (Rhodocephalus) flavescens. 6. Torula spec. 7. und 8. Verkümmerte Penicillien. 9. Pencillium crustaceum (Fries.). 10. Briarea elegans (Corda). 11. Cladosporium penicillioides (Preuss).

[1]) Auch der durch wiederholte vorsichtige Aussaat gewonnene reine Mucor stolonifer (VII. 2.) in einem verschlossenen Glase aufbewahrt, war nach einiger Zeit von Penicillium (IV. 9) durchwuchert.

entstandene Hefe) halte, keimten und entwickelten ein normales gegliedertes Mycelium und endlich normale Hyphen von Cladosporium penicillioides (IV. Fig. 11).

Eine Anzahl von Microsporon artigen, kugeligen Zellen, kleiner als Penicillium-Gonidien entwickelten, wenn sie untergetaucht lagen, Leptomitus ähnliches Mycelium, welches endlich verzweigte Oidienketten mit sehr kleinen der Monilia ähnlichen Gonidien auf aufrechten Hyphen hervorbrachte. Halbtrocken in feuchter Luft liegend vermehren sich diese Microsporon-Zellen ebenso wie auch diejenigen der Bier- und Milchhefe in der ihnen eigenthümlichen kugeligen Form und bringen nach und nach grössere Haufen hervor, die auch Hallier schon beobachtete und, wenn auch irrthümlich, als Sclerotien bezeichnet; irrthümlich, weil Sclerotien nicht aus frei neben einander in dem aus ihren Mutterzellen entstandenen Schleime liegenden Zellen wie z. B. Zoogloea capillorum Buhl (Sclerotium Beigelianum Hall.), sondern aus durcheinander geflochtenem Mycelgewebe bestehen.

Eine dritte Art von Zellen, die zahlreichste von allen, die neben den unveränderten Mucorgonidien vorkommen, den vorigen sehr ähnlich aber hefeartig sprossend, vermehrte sich in dieser Form, ohne auch nach wochenlanger Cultur Schläuche in irgend einer Art hervorzutreiben. Sie verhält sich wie wirkliche Hefe; auf dem Objectträger in Milchzuckerlösung gekeimte Macrogonidien geben dagegen häufig direct aufwärtswachsende, Oidiumartig zergliedernde Keimschläuche.

Das ungleiche Verhalten dieser verschiedenen in der gegohrnen Flüssigkeit vorkommenden Zellen ist ohne Zweifel in der ungleichartigen Natur derselben begründet. Während die Membranen einiger Mucorgonidien, wahrscheinlich die jüngern, mehr oder weniger bald der langsam fortschreitenden Zersetzung anheimfielen und ihre Secretions- und Tochterzellen als Hefe oder als Micrococcus entliessen, bewahrten andere scheinbar ihre Individualität monatelang in der gährenden Flüssigkeit; hatten dieselbe aber dennoch wohl eingebüsst und ihren abnorm ernährten und entwickelten Tochterzellen nur als Hülle gedient.

Penicillium-Gonidien, die ich durch erneuerte Culturen auf dünn ausgestrichenem Glycerinkleister mir rein verschaffte, gaben anfangs, unter Entwickelung von Wasserstoffgas, nur Kartoffel-Fuselöl, keinen Alkohol; darauf erschien reiner Alkohol. Auch anderes nicht auf Glycerinkleister gewachsenes Penicillium verhielt sich ebenso. Die aus den Gonidien entwickelten Bacterien

verhalten sich daher, wenn sie überhaupt die Ursache dieser Erscheinungen waren und nicht in der eigenthümlichen chemischen Zusammensetzung der Gonidienhaut dieselbe zu suchen ist, anders als die aus Bierhefe sich unter gleichen Umständen entwickelnden, da diese keinen Amylalkohol oder nur Spuren desselben geben.

Die Hefe dieses Penicillium verhielt sich fast wie Mucorhefe, insofern auch hier stets einige Penicillium-Gonidien, eine grosse Menge Hefe von der Form und Grösse wie bei Mucor und ferner solche Gonidien, welche bei trockner Cultur Monilia ähnliche Ketten auf Leptomitus ähnlichem Mycelium (verzweigte Leptothrix) hervorbrachten.

Die Micrococcuszellen, die neben der Hefe in grosser Menge vorkamen, blieben, auch nachdem sie in etwas von der gegohrnen Flüssigkeit auf dem pag. 16 beschriebenen Objectträger der Luft ausgesetzt waren, lange Zeit unverändert. Nach etwa 4 Wochen wurden sie in eine mit doppelt kohlensaurem Ammoniak geschwängerte Atmosphäre von kohlensäurereicher Luft gebracht, worauf sie zu sprossen begannen. Doch trieben sie keine Schläuche, auch das Sprossen sistirte bald. Darauf mit Traubensaft, mit Stärkekleister, weinsteinsaurem Ammoniak und phosphorsauren Salzen in mannigfachen Combinationen befeuchtet entwickelte weder diese Hefeform noch das Monilia ähnliche Oidium ein Penicillium oder einen andern wirklichen Hyphomyceten oder Mucor.

Ebenso sah ich die eigentliche Hefe, die bei diesen Gährungsversuchen mit Penicillium-Gonidien in Rohrzuckerlösung die grösste Menge der vorhandenen Zellen ausmachte, nicht Keimschläuche treiben und nicht die gewöhnliche Mycel- und Gonidienform derjenigen Pflanze, von der sie abstammte, hervorbringen. Auch nach dem Hinzufügen von Milchzucker zu einem auf dem pag. 16 beschriebenen Objectträger auf's Trockene gebrachten Leptomitus förmigen Mycelium sprosste keine andere als eine gewiss dem Oidium nahe verwandte Myceliumform hervor.

Legt man Schimmelgonidien in Nährstofflösung, um Hefe daraus herzustellen und versäumt in den ersten Tagen die Mengung öfter umzurühren, so bildet sich aus ihren Keimen bald ein Rasen desselben Schimmels auf der Oberfläche. Rührt man aber fleissig die Flüssigkeit durch einander, so entwickeln die stets wieder untergetauchten Keimschläuche endlich nur Hefezellen. Die aus diesen hervorgetretenen Microgonidien und Vibrionen schwimmen auf der Oberfläche der Flüssigkeit und ent-

wickeln sich zu einem Filze von Vibrionenketten, Leptothrix und Hefezellen aber nicht zu dem Schimmel, aus dem sie abstammen. Bringt man Mycelium dieses Schimmels auf die Oberfläche derselben Flüssigkeit, so entwickelt es sich und auch seine Gonidien sehr üppig, als Beweis, dass es der Flüssigkeit an der nöthigen Nahrung für die Hefe zum Zweck ihrer Entwickelung zu ausgebildetem Schimmel nicht fehlte.

Ebenso wenig gelang es mir durch irgend eine der verschiedenartigsten Culturmethoden aus einer andern Hefeform, in der Regel auch nicht aus der eben erst aus einem Hyphomyceten-Mycelium hervorgesprossten Hefe wieder ein Penicillium oder einen andern Hyphomyceten oder Mucor zu erziehen.

Ich muss daher annehmen, dass wenn überhaupt diese aus dem Verbande der höher organisirten mütterlichen Organismen vorzeitig getrennten und während längeren, selbstständigen, von dem normalen gänzlich abweichenden Wachsthums degenerirten Zellen wieder zu der ursprünglichen Speciesform sich zu entwickeln vermögen, dass dies nur bei dem selten stattfindenden Zusammentreffen besonderer Verhältnisse geschieht.

IV. Micrococcus, Microsporon, Vibrionen, Leptothrix.

Bei plötzlicher Veränderung der physikalisch-chemischen Verhältnisse wird die Assimilationsthätigkeit der Hefezellen unterbrochen und alterirt, oder auch, wenn diese Veränderungen eine gewisse Intensität überschreiten, zunächst die der äussersten ältesten Zellen, darauf auch die der secundären, innern, gänzlich gestört. Die jüngern oder nur die jüngsten in Zellsaft vorhandenen Zellenanfänge setzen dann, wenn ihre Mutterzellen einen plötzlichen Nahrungswechsel erleiden, allein ihre Entwickelung fort, falls nämlich die Natur der neuen Verhältnisse überhaupt noch von diesen abortirten Zellen eine solche zulässt und nicht die Organisation derselben zugleich zerstörte.

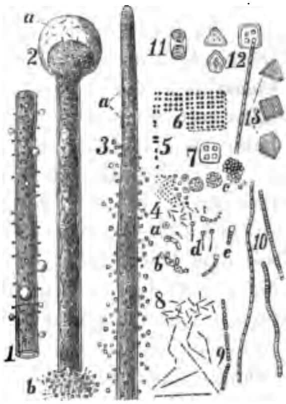
Diese Entwickelung ist nun unter Umständen eine von der normalen gänzlich verschiedene.

Die oben pag. 7 beschriebenen in dem Zellsafte entstandenen später zwischen den Häuten der verschiedenen in einander geschachtelten Generationen von Zellen befindlichen Secretionszellchen waren bis dahin in ihrer Entwickelung unterdrückt. Sobald ihnen aber nun die allgemeine Nährflüssigkeit mehr oder

minder unverändert durch die absterbende, in ihrer Assimilationsthätigkeit gestörte Membran zufliesst, beginnen sie alsdann von neuem denselben zu assimiliren und zu wachsen (IV. 3. *a*). Sie dehnen sich, gleich hervorsprossenden Hefezellen in kugeliger Form über die Oberfläche der im Absterben begriffenen Aussenhaut aus, von welcher sie sich meistens bei der leisesten Bewegung der Flüssigkeit, oft schon wie es scheint durch die eigene Schwere abtrennen.

Während dieses Hervorsprossens der Secretionszellchen über die Membran ihrer nur erkrankten Special-Mutterzelle hinaus setzen die nächst jüngeren, innern Zellen, welche das Gewebe-Zellsystem (kurzweg Zelle genannt) zusammensetzen, ihre Entwickelung fort, wenn sie sich den neuen Ernährungsverhältnissen anpassen können, was sie augenscheinlich weniger leicht vermögen, wie die jüngsten oft noch punktgrossen, eben entstandenen Zellenanfänge. Die secundäre oder die tertiäre Zelle oder auch die Tochterzellen (Gliedzellen in fadenförmigen Gebilden genannt), übernehmen dann die Function der absterbenden (primären, äusseren) Mutterzelle und bewirken die Erhaltung der Zelle.

Fig. V.



Diese abortirten, aus S e c r e t i o n s z e l l c h e n entstandenen Microgonidien sind zum Theil die von H a l l i e r M i c r o c o c c u s

Fig. V. Micrococcus, Vibrionen, Sarcina, Leptothrix, Krystalloide. 1. Stückchen vom Oidium-Mycelium, nachdem es zwei Tage in ziemlich concentrirter Nährflüssigkeit gelegen hatte, mit Micrococcus besetzt. 2. Unentwickelte Hyphe von Rhizopus stolonifer wie V. behandelt; in dem unreifen Peridiolum Vibrionen *a* enthaltend. *b* hervorgequollener Inhalt, dessen Zellanfänge sich theils zu Micrococcus theils zu Vibrionen entwickelten. 3. Spitze eines Mycelzweiges des Vorig. bei *a* die noch zwischen der primären und secundären Zellhaut eingeschlossenen Microgonidien. 4. Microgonidien, die sich zum Theil zu Micrococcus *a* und *c* Hefe *b* sowie zu Vibrionen und Hefe *d* und *e* entwickeln, zum Theil bei 5 zu Vibrionen und Merismopoedia bei 6. zu Sarcina werden. 7. Eine Merismopoedienzelle stärker vergrössert. 8. Vibrionen und Vibrionenketten. 9. Drei Glieder der letzteren stärker vergrössert. 10. Leptothrix. 11. Eine Oidienzelle, deren Tochterzellen einseitig schichtig verdickt. 13. Krystalloide der Bierhefezellen. 12. Dieselben unter Nährstofflösung gebracht; eine Tochterzelle zu Leptothrix ausgewachsen.

genannten Zellchen [1]). Ein Platzen der Mutterzellen, wodurch die Inhaltsflüssigkeit mit ihren Zellanfängen frei wird, ist häufig beschrieben worden, findet aber nur ausnahmsweise statt.

Zuweilen, vielleicht abhängig von einer noch vorhandenen und nur verringerten Wachsthumsthätigkeit der Aussenhaut ihrer Mutterzelle [2]), wachsen die längere Zeit kugelig bleibenden Microgonidienzellen über diese hervor, manchmal von einem zarten stielartigen Fortsatze getragen, der besonders häufig bei der Milchhefe und deren Mycelium (Oidium lactis) beobachtet wurde, wenn dasselbe in concentrirte Nährstofflösung gesetzt worden war. In ausgezeichneter Entwickelung wurden diese Stiele ge-

[1]) Hallier definirt freilich („Gährungserscheinungen" und „Parasitologische Untersuchungen") Micrococcus als Kernzellen und deren Abkömmlinge, die er von den morphologisch verschiedenen Vibrionenkeimen nicht unterscheidet; da aber der Name Micrococcus sehr verbreitet ist, habe ich ihn gleichfalls in dem Vorliegenden angenommen.

[2]) Also ähnlich der Entwickelung der Gonidien der Hypho- und Coniomyceten, sowie der Samen der Basidiomyceten etc. Diese Gonidienentwickelung wurde von J. Lüders (Bot. Zeit. 1866 pg. 38) irrthümlich mit dem Hervorwachsen der sofort frei werdenden Vibrionenkeime über die völlig abgestorbene Haut der Mutterzellen in Parallele gestellt. Die Cuticula des Pilzmyceliums jedoch sowie die Membran der Specialmutterzelle (hyphe, basidie) umhüllen die Gonidien und Samen, die unter ihrem Schutze entstanden, bis zur Reife und Keimung vollständig. Dass diese Gonidien und Samen sich unter Wasser nicht bilden, ist zum Theil darin begründet, dass die sie umgebende Hüllhaut Cuticula bei Ausschluss der Luft nicht erhärtet, sondern gleich der Cuticula des in Flüssigkeit wachsenden Myceliums weiter wächst und endlich zu zerfliesslichen, den Tochterzellen als Nahrung dienenden kohlenstoffreichen Assimilationsproducten wird, deren Proteingehalt sich daher nicht verhältnissmässig ansammelt. Unter Lösung von Carbolsäure oder deren Natronsalz wachsende Mycelien dagegen entwickelten in dieser Flüssigkeit Hyphen und Gonidien; letztere wurden wie in der Luft cuticularisirt und zergliedert. Es muss wohl diese Flüssigkeit oxydirend auf ihre Cuticula gewirkt haben.

Werden Penicillium-Gonidien in Carbolsäurelösung gelegt, so nimmt die in dem hervorsprossenden Keimschlauch enthaltene Tochterzelle sogleich eine kugelige Form an, von etwas geringerer Grösse als die Mutterzelle, und ihre Oberhaut wird cuticularisirt. In gleicher Weise in linearer Reihe weiter sprossend bleiben die entstandenen Tochterzellen stets kleiner, da durch die cuticularisirte Haut der Mutterzelle wahrscheinlich keine Nahrung von aussen hinzutritt, wodurch eine gestreckte kegelförmige Perlschnurform entsteht. (Vergl. I. Neumann: Archiv für Dermatologie 1869.) Mancherlei Missbildungen von Aspergillus, Penicillium, Botrytis etc. finden dem entsprechend in Feuchtigkeits- und den übrigen Ernährungsverhältnissen ihre Erklärung.

sehen bei einigen von Eisenoxyd durchdrungenen in reine wässrige Glycerinlösung gelegten Zellen, wie weiter unten beschrieben werden wird. Fig. VI. 1. *m.*

Ohne Stiele, aber sehr deutlich im Hervorwachsen zu überwachen, fand ich diese Microgonidienzellchen an einer Bierhefe, die 4 Wochen am Grunde einer mit weinsteinsaurem Ammoniak versetzten $1\frac{1}{2}$ Zoll hohen Mischung gleicher Theile Wasser und absoluten Alkohols gelegen hatte, in welche sie, nachdem sie getrocknet war, gebracht wurde. Zu dieser Zeit reagirte die Flüssigkeit neutral und die Hefe war völlig normal geformt und mit gleichförmigem Plasma erfüllt. Sie hatte sich augenscheinlich in dieser Flüssigkeit sehr wohl befunden und das weinsteinsaure Ammoniak zum Theil assimilirt. Auf dem Objectträger in den feuchten Raum gebracht, um zu erfahren, ob durch Einfluss der Luft die Essigsäurebildung eintreten würde, wie dieselbe in der Regel sofort eintritt, wenn frische Oberhefe auf die Oberfläche einer gleichen Alkoholmischung gebracht wird, begann nach 3 Tagen die Essigbildung und zugleich das Hervorwachsen der zahlreichen kleinen Zellchen über die jetzt von der bis dahin enganliegenden plasmareichen secundären Zelle zum Theil abgehobenen primären Zellhaut. Diese letztere war augenscheinlich im Absterben begriffen und zwar nicht allein an denjenigen Hefezellchen, die sich auf dem Objectträger befanden, sondern auch ebenso an den am Grunde der jetzt gleichfalls (wahrscheinlich in Folge des Umschüttelns) sauren Alkoholmischung in der Flasche liegenden, die sich auch in Bezug auf Microgonidien-Entwickelung ganz gleich verhielt.

Aus Milchhefe und Mycelium von Oidium lactis erhält man gleichfalls nach kurzer Zeit die als Micrococcus bekannten, zum Theil zu Vibrionen sich entwickelnden Microgonidien, wenn man dieselbe, nachdem sie in einer verdünnten Milchzuckerlösung gewachsen war, in eine etwas concentrirtere, mit den nöthigen Salzen geschwängerte Lösung von Milchzucker bringt. Ebenso erhielt ich durch Hefe, die sich aus Bohnenbacterien entwickelt hatte, nachdem dieselbe in eine verdünnte Lösung von Tannin und den Nährstoffsalzen gesetzt war, sehr klare Bilder über die Entwickelung der Microgonidien.

Diese kleinen abgetrennten Microgonidienzellchen vermehren sich entweder in der ihnen eigenen kugligen Form, oder entwickeln sich zu Vibrionen, oder dehnen sich in geeigneter Nährstofflösung, in welcher sie entstanden, zu grossen, anfangs kugeligen

Zellen aus, die später zu einer dem Nährstoffe entsprechenden Hefeart werden. Bei dem Oidium lactis sah ich diese Microgonidienzellchen in noch kugeliger Form, mittelst sehr kurzer Stielchen auf dem Mycelfaden befestigt, einen Durchmesser erreichen, der dem des Mycelfadens selbst gleichkommt (V. 1).

Die Microgonidienzellchen zeigen eine Molecularbewegung, die, wenn sie mit Stielchen abfallen, sich in Folge ihres Assimilationsprocesses und der an verschiedenen Seiten der Zelle verschiedenartig stattfindenden Difussionsströmungen in einer Weise äussert, dass sie in der That zuweilen von einer willkürlichen Bewegung kaum mit Sicherheit zu unterscheiden ist. Diese Zellchen sind dann wie es scheint nicht selten für Infusorien gehalten und als Monas Crepusculum aufgeführt worden.

J. Lüders und Hensen (Max Schultze's Archiv 1867) erkannten die fadenförmigen Anhänge an diesen Microgonidienzellchen, so wie an den Vibrionen, an denen einzelne Gliedzellen, wie gleich beschrieben werden wird, sich zu Micrococcus vergrösserten, als fein gekörnelte Geisseln, gleich ungemein feinen „Bacterienfäden," was sie auch in der That sind.

Die Vermehrung von Micrococcus in kugliger Form geschieht in der Weise, dass während des continuirlichen Wachsthums und der Ausdehnung der Zellhaut sich im Centrum der Zellhöhle eine Kernzelle bildet, um die herum bald eine grosse Menge feiner Zellchen im Zellsafte auftreten (Fig. V. 4. *c*). Während der Entwickelung aller dieser endogenen Zellchen dehnt sich auch die Haut der Mutterzelle mehr und mehr aus, verändert zugleich ihre chemische Constitution in der Art, dass sie schliesslich gänzlich verflüssigt wird. Ihre Inhaltszellen setzen darauf, so lange die Nährflüssigkeit dazu passend ist, dieselben Entwickelungserscheinungen fort.

Sind alle erwachsenen Zellen, deren Häute die geschichtete Zellhaut der Mycelien, Gonidien und Hefezellen zusammensetzen, durch oben bezeichnete, plötzliche und heftige Einwirkungen getödtet oder erkrankt, so durchlaufen auch die in diesen jüngeren Zellengenerationen vorhandenen, im Zellsafte schwimmenden Zellchen diese Entwickelungserscheinungen und, wie es scheint, findet im letzteren Falle, wenn nämlich die Mutterzellen nur erkrankt nicht getödtet sind, auch aus dem Plasma, welches diese umschliessen, eine Neubildung von Zellchen statt. Man sieht wenigstens häufig unter solchen Umständen den gleichförmigen, eiweissartigen Zellinhalt körnig werden, und diese

Körnchen sich zu Bläschen erweitern, die dann, wenn sie nach dem Verfliessen ihrer Mutterzellen frei werden, sich dem oben beschriebenen Micrococcus gleich verhalten, natürlich aber nie gestielt sind. Alle diese Zellchen werden bei Pityriasis versicolor mit Gruby Microsporon[1]) genannt.

Sehr überzeugend sieht man diese Entwickelungserscheinungen der endogenen Zellchen zuweilen an einzelnen Gliedzellen von Pilzmycelien, die zwischen andern, welche gesund verbleiben und sich normal weiter entwickeln, erkranken. Während dann in den gesunden Gliedzellen das Plasma, welches dieselben erfüllt, scheinbar unverändert bleibt, werden in dem sich verflüssigenden Plasma der kranken Zelle eingebettete Tochterzellen erkennbar. Während das Plasma nach und nach verschwindet, füllen sich diese mit ähnlichem eiweissartigem Stoffe und treten endlich aus einer Oeffnung der Mutterzelle hervor, welche ohne Zweifel wie bei dem oben beschriebenen Micrococcus dadurch entstand, dass eine dieser Inhaltszellen durch ihre Assimilationsthätigkeit die absterbende Membran, gleichwie ein wachsendes Pilzmycelium die Zellhäute der Nährpflanze, durchlöchert.

Werden die den Micrococcus entwickelnden Zellen oder Mycelgewebe fast trocken, aber in hinreichender Nährstofflösung cultivirt, so bilden sich grössere Gruppen und endlich Haufen dieser Micrococcus-Zellchen, die zuweilen das Aeussere eines Sclerotium (S. Beigelianum Hallier) und selbst einer Sphärie annehmen. Besonders täuschend war die Aehnlichkeit mit letztern, nach längerer Cultur von Oidium-Micrococcus Nährstofflösung in Morphium. Wenn diese dann graugefärbten, eiförmig kugeligen, sphärienartigen Körper, nachdem sie etwas trocken gestanden hatten, mit Wasser befeuchtet, am Scheitel platzten, und dann die eingeschlossenen Zellchen entliessen, glichen sie ausserordentlich einem Sphärien-Spermogonium.

Aehnlich wie bei Oidium entwickeln sich diese Microgonidien und Micrococcuszellchen aus den Mycelfäden und Gonidien von Penicillium, Monilia, Cladosporium, Botrytis, Mucor

---

[1]) In den trefflichen Arbeiten von J. Lüders, denen wir die Kenntniss der Entwickelung der Vibrionen aus den im Zellsaft enthaltenen Zellchen verdanken, werden die Zellanfänge, die in den verschiedenen in einander geschachtelten Zellen eines Myceliums oder einer Spore enthalten sind, noch nicht von einander unterschieden.

und andern Schimmeln, wenn dieselben in Flüssigkeiten gelangen, die ihrer Natur nicht hinreichend entsprechen.

Die kleinsten dieser so frei gewordenen gestielten oder ungestielten Micrococcuszellchen vermehren sich in der Art, dass die in ihnen entstehenden, aufeinander folgenden Generationen sich innerhalb ihrer Mutterzellen in linearer Reihe nebeneinander legen.

So wie die Mutterzellen dieser höchst zarten Zellenreihen als Monaden zu den Thieren gestellt wurden, wenn sie im Wasser frei schwimmend Bewegungen zeigten, so wurden diese von O. F. Müller Vibrionen genannten Entwickelungsformen, die je nach der Natur ihres Nährstoffes und der physikalischen Bedingungen, die ihr Wachsthum begleiten, sehr variabel sind, gleichfalls für Thierspecies gehalten. Ehrenberg trennte später die ruhenden Formen als Bacterien von den beweglichen Vibrionen.

Zuweilen sieht man den Hefezellen dergleichen Bacterien genannte Zustände aufsitzen, welche sich aus den hervorgesprossten Microgonidien entwickelten, wie dies von Klob und J. Lüders geschildert wurde, nachdem schon von Cohn (Nova Acta 1858) Zweifel hinsichtlich der specifischen Thiernatur dieser Organisationen erhoben waren, indem er vielmehr die Bacterien und die Vibrionen mit den Verwandten: Spirillium und Spirochaete zu den Pflanzenspecies stellte.

Am deutlichsten und zahlreichsten wurde das wirkliche Festsitzen dieser Bacterien auf einer in Gerbsäurelösung vegetirenden Hefe beobachtet, die sich im Wasser wälzen liess, ohne von den hier bedeutend grossen und dicken Bacterien getrennt zu werden.

Eine Entwickelung höchst kleiner, anfangs kaum sichtbarer Bläschen zu Vibrionen, wurde an einigen bei 30—40° C. während 12 Stunden schrittweise beobachtet; die in einer abgestorbenen, sonst von festem Inhalte gänzlich entleerten Gliedzelle des Myceliums von Oidium lactis enthalten waren. Die während dieser Beobachtung, die ich wie fast alle hier referirten Beobachtungen gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Harz ausführte, zu 6—8gliedrigen Vibrionen entwickelten Zellen veränderten in der Mutterzelle langsam ihren Ort, ohne aus derselben hervorzutreten. Sie waren anfangs walzlig, nach einigen Stunden wurden sie darauf rosenkranzförmig. Dieses schon von Lüders beobachtete Vorkommen von Vibrionen in anscheinend

völlig geschlossenen Zellen hatte ich wahrzunehmen öfter die Gelegenheit.

In den durchschnittenen, in reinem Wasser liegenden Hyphen von Sporodinia grandis und Mucor stolonifer entstanden schon nach einigen Stunden diese Vibrionen. In einem noch nicht ganz reifen Peridiolum dessen Hyphe unterwärts durchschnitten und dessen Plasma in Folge dessen etwas herabgedrückt und zum Theil in die Hyphe zurückgetreten war, sah ich von der körnigen Plasmamasse sich einzelne oberflächliche körnchenähnliche Organisationen abtrennen, innerhalb des gänzlich geschlossenen, unverletzten Peridiolums unter Molecularbewegung sich zu deutlichen Bläschen ausdehnen, und nach 24 Stunden zu Vibrionen ausgewachsen. Andere ähnliche, aus den durchschnittenen Mycelfäden hervorgetretene Vibrionen wurden bei unmittelbarer Berührung mit der Luft, langsamer unter dem Deckglase, zu Oberhefezellen.

Diese Hefe, wie überdies alle von mir beobachtete und aus Vibrionen entstandene, wurde durch Jod und Schwefelsäure nicht gebläut oder geröthet, welche Eigenschaft die Vibrionen zuweilen dann zeigen, wenn sie in faulenden Flüssigkeiten wuchsen.

Die einander höchst ähnlichen, aber je nach ihrer Abstammung ohne Zweifel specifisch verschiedenen und gewöhnlich aus 6—8—12 kugeligen, innerhalb ihrer Mutter- und Urmutterzellen eingeschlossenen Gliedern bestehenden Vibrionen sind je nach der Menge der Zwischenzellensubstanz und dem Zustande ihrer Zellmembranen entweder stabförmig und gerade, scheinbar einfache Körperchen (Bacterien Ehrbg.), oder die jüngsten kugeligen Gliedzellen treten nach der Resorption der Zwischenzellensubstanz in der fadenförmigen Mutterzelle deutlich einzeln hervor, und stellen eine rosenkranzförmige Reihe dar (Vibrionen Ehrbg). Beide Formen kommen ruhend und beweglich vor, doch findet letzteres in höherem Grade bei den rosenkranzförmigen statt.

Die stabförmigen Bacterien sind dann beweglich, wenn eine oder einige Gliedzellen angeschwollen und im Uebergange zu Micrococcus und Hefe begriffen sind. So lange bei ihnen alle Gliedzellen gleich gross sind, sind sie meistens bewegungslos oder unduliren nur, auch dann wenn beide Endzellen gleichzeitig anschwellen, vielleicht in Folge von Strömungen in der Flüssigkeit, schwach hin und her, indem sie horizontal liegen. Sobald in Folge der Veränderung der Ernährungsverhältnisse die eine Gliedzelle, gewöhnlich eine des Endes, anschwillt, beginnt der

Stab sich senkrecht zu stellen und kommt an die Oberfläche der Flüssigkeit. Die grössere Zelle ist dann in der Regel aufwärts, selten (wie es scheint später nach der Anfüllung mit Plasma), abwärts gewendet, und diese Zelle kreist in molecularer Bewegung so um den Schwerpunkt und bewegt sich gleichzeitig seitwärts und auf- und abwärts, dass der übrige stabförmige Theil der Vibrionen nachgezogen oder vorwärts geschoben wird. Zuweilen erreicht diese Bewegung eine Geschwindigkeit und Unregelmässigkeit, dass man wirklich dieselbe mit einer willkürlichen verwechseln könnte. Solche scheinbar willkürliche Bewegung findet sich bisweilen auch bei Vibrionen, an denen eine ungleichzeitige Vergrösserung der Gliedzellen nicht zu erkennen ist. Am auffallendsten beobachtete ich sie an Vibrionen, die in einer Nährstofflösung, die Milchzucker enthielt, einige Zeit im Wasserstoffgas, welches mit Kohlenwasserstoffgas (durch die Einwirkung von Schwefelsäure auf metallisches Eisen erzeugt), gemischt war, in Berührung gewesen waren.

Ausser der Natur der Nährstoffflüssigkeit ist augenscheinlich der Einfluss der Luft, wahrscheinlich durch ihren Sauerstoffgehalt, von Bedeutung für diese Beweglichkeit und dieselbe fördernd. In der Nähe des Randes des Deckglases und ausserhalb desselben ist die Bewegung stärker als in seiner Mitte, wo überhaupt, wie lange bekannt, die Vegetationsprocesse langsamer vor sich gehen und wo, wenn das Deckglas auf bewegliche Vibrionen gelegt wurde, zuerst deren Bewegung aufhört.

Hungernde, unter Flüssigkeit nur mit Kohlenstoffverbindungen, z. B. mit reinem Milchzucker mangelhaft ernährte, Vibrionen sind grösser und meistens beweglicher als die durch Stickstoffverbindungen ernährten, letztere verlieren ihre verdickte Hüllhaut und werden dann beweglich, indem sie sich vergrössern und zu Hefezellen entwickeln, wenn sie in reines Wasser oder verdünnte Nährstofflösungen gebracht werden und besonders wenn sie an die Oberfläche der Flüssigkeit gelangen, wo ihnen Ammoniak enthaltende Luft zuströmt, deren Wirkungsweise im sechsten Abschnitte erkannt werden wird.

Je nach der Natur der Flüssigkeit nehmen dieselben Vibrionen ausserordentlich verschiedene Eigenschaften an. Bei schwach alkalischer Beschaffenheit einer Nährflüssigkeit, welche stickstoffreiche Verbindungen enthält, scheinen sie dicker und träger zu sein, in saurer Flüssigkeit und besonders bei erhöhter Wärme, die bis nahe an den Siedpunkt reichen darf, bleiben sie kleiner

und beweglicher. Die sehr lebhaften, anscheinend willkürlichen Bewegungen führen sie, wie gesagt, unter Einfluss der atmosphärischen Luft aus. Am Grunde hoher Flüssigkeitssäulen und zwar sowohl alkalischer als saurer, findet man daher ruhende Bacterien, die aber keineswegs todt sind, sondern sich vermehren, lange Ketten bilden und nach Aenderung der Nährflüssigkeit an die Luft gebracht mehr oder minder bald in Bewegung gerathen und sich in angedeuteter Weise durch Entwickelung ihrer Gliedzellen verändern, wodurch der Anfang zur Hefeentwickelung gemacht ist. Unter passenden Verhältnissen nehmen diese Zellchen die Form der Unterhefe an, indem in einer so frei gewordenen, isolirten, sich vergrössernden Vibrionengliedzelle zahlreiche, unmessbar kleine Tochterzellchen auftreten, die sich bis zu der Grösse ihrer endlich sich verflüssigenden Mutterzelle ausdehnen und wieder neue Generationen erzeugen, oder wenn sie der Luft ausgesetzt sind, mehr oder weniger bald bei Gegenwart von Pflanzenzucker zu der Form von sprossender Oberhefe, bei Gegenwart von Milchzucker oder von organischen Säuren zu Oidium übergehen.

Die Vermehrung der Vibrionen geschieht auf die Weise, dass ihre Endzellen, statt sich allseitig zu Micrococcus zu vergrössern, sich vorzugsweise in linearer Richtung bis zu der normalen Vibrionenlänge ausdehnen, während gleichzeitig in ihnen Tochterzellen entstehen und sich in eben der Richtung vermehren, wodurch Bacterienketten hergestellt werden. Die Anzahl der Gliedzellen dieser kettenförmig an einander gereihten Vibrionen scheint sehr variabel, wenn auch für jede Art constant; ob sich diese Verschiedenheit auf die Abstammung oder auf die Ernährung bezieht, bedarf noch einer genaueren Untersuchung. Die Glieder dieser Kette können sich, je nach den von der Nährflüssigkeit bedingten Eigenschaften der äussersten Membran (Hüllhaut), mehr oder minder leicht als einzelne Vibrionen von einander trennen, unter Umständen aber auch, und zwar besonders am Grunde der Nährflüssigkeit, lange fest und innig an einander haften. Diesen Bacterienketten sehr ähnlich, aber bei aufmerksamer Beobachtung wohl zu unterscheiden sind die zartesten Leptothrix-Gliedfäden, die aus lauter gleichartigen Gliedzellen bestehen, während die Vibrionen- oder Bacterien-Ketten aus langen (aus kugeligen Gliedzellen zusammengesetzten) Gliedern bestehen, die durch sehr kurze, wie es scheint, mit durchsichtiger Flüssigkeit erfüllte Gliedzellen von

einander getrennt sind. Auch diese ganzen Vibrionenketten, wenigstens mehrgliedrige Stücke derselben sieht man zuweilen in Bewegung (Vibrio Bacillus Müller). Diese Vibrionenketten und Leptothrix-Gliedfäden verästeln sich auch wohl und die ursprünglichen Gliedzellen strecken sich etwas, wodurch Oidiummycel ähnliche Fäden (Vibrio ambiguus Duj. und Leptomitus) entstehen, deren vereinzelte Gliedzellen sich wie Oidiumhefe (Milchhefe) verhalten [1]). Solche Mycelium ähnliche, zarte, gegliederte Fäden sieht man auch direct aus den Inhaltszellchen gewisser sehr plasmareicher krystallähnlicher Oidiumzellen (Aleuron) hervorgehen (V. 12).

Die zu Hefezellen heranwachsenden Micrococcus und Vibrionen entwickeln sich nicht allein aus Hefezellen und direct aus Schimmelorganen, sondern auch aus den Gewebezellen phanerogamer Pflanzen können dergleichen hervorgehen.

Die Entwickelung von Hefezellen aus den Zellen des Fruchtfleisches von Stachelbeeren und Weintrauben habe ich schon vor Jahren beobachtet und seitdem wiederholt daran erinnert, dass die in diesen Zellen enthaltenen Zellenanfänge (Bläschen), wenn sie in dem Fruchtsafte auf dem Objectträger längere Zeit in feuchter warmer Luft liegen, sich ausdehnen, mit Eiweisstoffen sich füllen und sich vermehren. Diese Vermehrung geschieht theils nach Art der Hefe durch sogenanntes Sprossen d. h. durch ungleichzeitiges Wachsthum, theils durch sog. Theilung d. h. durch gleichzeitiges Wachsthum zweier Tochterzellen.

Wird der frisch ausgepresste Fruchtsaft wiederholt filtrirt, durch dreifache genässte Papierfiltra, so enthält der wiederholt durchfiltrirte Saft immer kleinere Zellchen. In den letzten Filtraten sind sie so klein, dass sie nur durch sehr starke Vergrösserungen und sorgfältige Beobachtung zu erkennen sind.

Da sich diese Zellchen ebenso wie die Pilz-Microgonidien und Vibrionen unter günstigen Verhältnissen zu sprossender Hefe entwickeln, und zwar zu Hefe, deren Dimensionen anfangs der Grösse der durchfiltrirten Zellchen entspricht, d. h. in den letzten Filtraten zu viel kleineren als in den ersten, so beruht wohl ohne Zweifel die Gährung der Fruchtsäfte nicht allein auf

---

[1]) Hoffmann (bot. Zeit. 1869. Sp. 236) hält Leptothrix und Vibrionenketten für identisch; auch Hallier nannte vor den Musterarbeiten von J. Lüders und Klob alle Vibrionen „Leptothrix-Schwärmer."

der Hefeentwickelung durch die stets beigemengten Pilzkeime, sondern auch auf der Assimilationsthätigkeit und dem Wachsthume dieser Secretionszellchen; man müsste denn mit J. Lüders annehmen, dass alle, auch die gesunden Organismen stets von Pilzen und Pilzkeimen durchdrungen seien.

Auch in dem Zellgewebe anderer phanerogamer Pflanzen entwickeln sich Vibrionen, wie dies besonders bei Leguminosen durch die Mittheilungen Woronin's, Hartig's und Hoffmann's bekannt ist. Letzterer hält diese Vibrionen für ein Zersetzungsproduct der Parenchymzellen, jedoch mit Unrecht, wenn damit eine Zersetzung der Zellmembranen gemeint ist. Man erhält diese Vibrionen in grösster Menge aus angefeuchteten reifen Samenlappen von Linsen, Bohnen, Erbsen etc. und erkennt den Ort der Entstehung, wenn man feine Abschnitte dieser Organe im Wasser auf dem Objectträger beobachtet. Hier sieht man dann die Vibronen nicht nur aus den im Zellsafte enthaltenen Zellchen sich entwickeln, sondern auch aus denen, welche zwischen den, indessen noch lange unverändert als structurlose Membran zu erkennenden Häuten der Zellwände sich befinden, und somit zum Theile scheinbar auch in den Zwischenzellenräumen (wenn nämlich die äusserste Membran in der Verflüssigung begriffen ist), wie dies auch schon von Hartig bei Kartoffeln (Bot. Zeitung 1868) nachgewiesen wurde. Erst später werden auch die Cellulosemembranen zerstört in der Art, wie es von den bei faulenden Kartoffelknollen vorkommenden Vibrionen Mitscherlich beobachtete, der als Ursache dieses Vorganges und der Kartoffelnassfäule ein die Cellulose lösendes Ferment erklärte.

Von besonderer Grösse sind diese Vibrionen bei den Hülsenfrüchten und lassen sich leicht in Hefe überführen, wenn sie in Nährstofflösungen (den oben pag. 12 genannten Salzen und Zucker) gebracht werden. Diese aus Bohnenvibrionen unter Entwickelung von Kohlensäure und Wasserstoffgas in Rohrzucker erzogene Hefe hat die Form normaler Bierhefe, zersetzt wie diese den Rohrzucker in Alkohol und Kohlensäure, verbleibt aber, selbst bei einer Temperatur von 25° C. im Grunde der gährenden Flüssigkeit, welche Eigenthümlichkeit auch bei der Penicillium- und Mucorhefe beobachtet wurde.

Durch Cultur bei erhöhter Temperatur (bis 80° C.) werden die jüngeren Generationen dieser Vibrionen gleichfalls, ebenso wie die Milchhefevibrionen sehr klein, indessen vergrössern sie

sich nach und nach und entwickeln sich wie gewöhnlich, wenn sie darauf bei 16—20° in der oben genannten Nährflüssigkeit in passender Verdünnung cultivirt werden.

Pollenzellen, die sich in käuflichem Honig zahlreich und den verschiedensten Pflanzenfamilien angehörend, gemischt beisammen fanden, und welche monatelang mit Penicillium- und Mucorsporenhefe der Gährung unterworfen gewesen waren, entwickelten, wie sie darauf zu den oben beschriebenem feuchten Objectbehälter gebracht wurden, ihre secundäre Zelle (Intine) mit dem körnigflüssigen Inhalte derartig, dass sie aus der Aussenhaut hervortrat und sich zum Theil um das 3fache vergrösserte, während auch die eingeschlossenen Körperchen zu Bläschen heranwuchsen, das Ganze an die sog. Miescher'schen Körperchen erinnernd. Frischer Pollen entliess Microgonidien und Vibrionen, die sich zu Hefe entwickelten, wenn er in Wasser oder Nährstofflösung gebracht wurde, doch schien der Entwickelungszustand des Pollen Modificationen in dieser Zellen-Entwickelung hervorzubringen[1]).

Auch die in thierischen, erkrankten oder aus dem organischen Verbande getrennten Gewebezellen enthaltenen Zellenanfänge entwickeln sich zu hefeartigen Organisationen, was auch Richter, Hallier, J. Lüder's u. a. beobachteten. Freilich wird hiebei bisher noch angenommen, dass die aus den thierischen Zellen hervorgewachsenen, denselben anhaftenden und zu Vibrionen, Hefe etc. entwickelten Zellchen auf den mütterlichen Boden, auf dem sie gefunden werden, als Microgonidien einer Schimmelpflanze ausgestreut wurden, oder dass sie in die Zellen und Gewebe der Thiere und Pflanzen eingedrungen sind.

Die genaue Kenntniss der Entwickelungsgeschichte der in einzelnen Gewebezellen vorhandenen Gruppen von Vibrionen, der Psorospermien, der Mischer'schen oder Rainey'schen Schläuche wird darüber entscheiden müssen, ob diese Bildungen

---

[1]) Hebt man die Cuticula von Keimpflänzchen durch wechselnde endosmotische Wirkung von Zuckerlösung und Wasser auf dasselbe, von dem unterliegenden Epidermal-Gewebe ab, so finden sich in der Flüssigkeit zwischen diesem Gewebe und der Cuticula zuweilen hefeförmige Zellchen vor; Hartig erkannte durch Versuche mit ganzen Organen gleichfalls, dass Hefezellen in dem Safte derselben entstehen; freilich wurden zum Theil auch Infusorien in diesen Säften gefunden, was auf ein vorhergegangenes Eindringen von Wasser in eine Wunde dieser Organe hindeutet, dem auch möglicherweise die Keime der Hefezellen beigemengt sein konnten.

pathologischer Natur sind oder ob sie, als wahre Parasiten, von eingewanderten Keimen abstammen.

Die hier gegebenen Nachweise des Vorhandenseins von Keimen der Vibrionen und Hefezellen in den geschlossenen Zellen des lebenden Gewebes und deren Entwickelung aus den regelmässig und normal vorkommenden Zellchen, den Secretions- oder sog. Zellsaftbläschen, sowie die mitgetheilten Beobachtungen über die Entwickelung dieser Zellchen und Vibrionen zu Hefe entkräften nun wohl die von J. Lüder's mir gemachte Entgegnung (M. Schultze's Archiv III. pag. 337), dass alle Hefezellen, die ich aus den Secretionszellchen der Fruchtzellen sich entwickeln sah, als Keime eines früher etwa in den jungen Fruchtknoten hineingewachsenen Pilzes in die Zellen des künftigen Fruchtfleisches eindrangen, obgleich dies mit Recht, wie mir scheint in manchen, vielleicht in vielen Fällen angenommen werden könnte. Ich selbst fand im Markgewebe erwachsener, anscheinend gesunder Mohrrüben Sclerotien ähnliches Mycelium von Sporodesmium, welches höchstwahrscheinlich im Jugendzustande der Mohrrübe in diese hineinwucherte und darauf in einen Ruhezustand übergehend von dem rasch sich entwickelnden Rübengewebe überwachsen wurde. Dürfte man aber ohne speciellen Nachweis annehmen, dass alle normal entwickelten gesunden Johannisbeeren, Stachelbeeren, Weintrauben, Hülsenfrüchte, mit einem Worte alle Gewebezellen aller pflanzlichen und thierischen Organismen, eigentlich pilzkrank sind? Wesshalb sollte überhaupt nur den von Pilzzellen abstammenden Secretionszellen die Eigenschaft zukommen, sich selbstständig eine Zeit lang in der Form von Micrococcus, Microsporen, Vibrionen, Hefe, Leptothrix etc. weiter zu entwickeln, so lange ihnen, nachdem ihre normale Entwickelung unterbrochen wurde, günstige, physikalisch-chemische Verhältnisse geboten werden?

Meine Beobachtungen gestatten es nicht, den Gewebezellen der Phanerogamen diese Eigenschaft der Pilzzellen abzusprechen und scheint es mir für die Kenntniss dieser kleinsten Organisationen geboten, die von mir schon 1848 veröffentlichten Beobachtungen mit derselben Sorgfalt zu revidiren und zu vervielfältigen, mit der sie damals von mir angestellt wurden. Ich halte noch heute die damals ausgesprochene Vermuthung für berechtigt und zum Theil für bewiesen, dass jede der aus dem lebenden Gewebe eines Thieres oder einer Pflanze getrennten lebensfähigen Zellen befähigt sei, unter geeigneten Verhältnissen

eine ähnliche Zellenentwickelung, wie die Hefe sie uns zeigt, einzuleiten und, wenn die Bedingungen günstig, zu unterhalten etc. (Gesammelte Beiträge pag. 201.).

V. Veränderungen der Hefezellen und der Vibrionen in Krystalloide, in Sarcina und Palmella prodigiosa.

Das Mycelium von Oidium lactis wächst, eben so wie die Hefe, mit wenig Milchzuckerlösung befeuchtet im feuchten Raume so lange in der gleichen, ihm eigenthümlichen Form weiter, bis es gänzlich abgetrocknet einzutrocknen beginnt und nur die eingeschlossenen jüngern Generationen noch lebensthätig sind, die sich unter diesen Verhältnissen aber nicht ausdehnen, sondern in Form kleiner Kügelchen, gefüllt mit undurchsichtiger proteinartiger Verbindung anscheinend unthätig sich verhalten.

Befeuchtet man dagegen Oidium lactis mit Milchzuckerlösung, welcher Ammonium- und andere der Hefeentwickelung förderliche Salze hinzugefügt wurden, so vergrössern sich in feuchter Luft einzelne Gliedzellen der Mycelfäden und manche Hefezellen, während sie eine sphärische Form annehmen, und füllen sich mit undurchsichtigem, Körnchen und Zellchen enthaltenden Safte (Plasma), während ihre Häute dünnwandig bleiben. Sie werden zugleich unförmlich oder endlich rundlich zu sog. Ruhegonidien. Zugleich entwickeln sich auch in diesen Oidiumzellen die zahlreich vorhandenen jüngeren Generationen, sie vergrössern sich, indem sie gleichzeitig den nicht organisirten Theil des Zellinhaltes assimiliren und sich mit anderem, ähnlichen füllen. Darauf in eine verdünnte Lösung von Nährstoffen oder in reines Wasser gebracht, nehmen diese Zellen bald die normalen Formen an und wachsen entweder selbst oder ihre zahlreichen Tochterzellen zu Oidiummycelium aus.

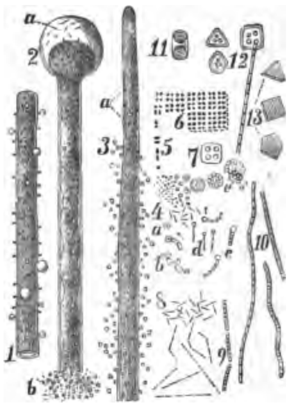
Bringt man Oidium lactis mit letztgenannter Nährstofflösung und Labsubstanz[1]) in Berührung, so wird nicht das

---

[1]) Auf diesen Versuch führte mich die Angabe Mayer's (Untersuchungen über die alkoholische Gährung etc. 1869 pag. 72), dass Pepsin eine sehr intensive Gährung bewirke; ich fand dies bestätigt, indem eine geringe Menge Labsubstanz ebenso günstig auf die Gährung wirkt, wie ein concentrirter Malzauszug.

eiweissartige Plasma der Mutterzelle oder das der jüngeren Zellengenerationen vermehrt, sondern die noch aus Proteinstoffen bestehenden Membranen der beiden Tochterzellen selbst werden dicker. Zuweilen zeigen diese Zellmembranen sehr deutlich, besonders an der von dem Centrum ihrer Mutterzelle abgewendeten Seite, ganz bedeutende Anwachsschichten, (V. Fig. 11) indem sie von den beiden Enden der Mutterzelle her, woselbst die beiden Tochterzellen als kleinste Bläschen auftreten, nach dem Centrum derselben hinwachsen, bis sie endlich sich daselbst berühren, aber gleichzeitig von den Enden der Mutterzelle her ihre Membranen zu verdicken beginnen [1]). So lange die Berührung nicht stattfindet, erinnern diese beiden schichtig angewachsenen Tochterzellen an die bei Begonien vorkommenden warzenförmigen Auswüchse mancher Zellwandungen oder an gewisse der Zellwand aufsitzende Krystalldrusen, z. B. an das aus Alkohol auskrystallisirte Inulin.

Fig. V.



Werden diese Zellen in Wasser gebracht, so beginnen sie sehr bald Schläuche zu treiben; die dicke Haut der secundären Zelle wird hiebei nach der Spitze des Schlauches hin dünner und dünner, so dass sie in der Spitze des noch kurzen Keimschlauches nicht dicker ist, wie die primäre Zellhaut. In Milchzuckerlösung verhält sich dieser Keimschlauch wie sonst bei Oidium lactis.

Es scheint, dass unter diesen Verhältnissen, d. h. bei Ernährung der Zellen durch fertige in Milchsäure gelöste Proteinstoffe, statt durch Ammoniumverbindungen, die Assimilationsvorgänge der Haut in ihren verschiedenen Schichten quantitativ verändert werden.

Unter normalen Verhältnissen, wo den Zellen neben Kohlenhydraten unorganische Nährstofflösungen zufliessen, werden die in den ersten Entwickelungsperioden begriffenen proteinreichen Membranen der Milchhefezellen, wie im Allgemeinen

---

[1]) Es findet hier beim Pilzmycelium ganz dieselbe Wachsthumsrichtung statt wie bei den fadenförmigen Algen. (Man vergleiche H. Karsten, Gesammelte Beiträge für Anatomie und Physiologie pag. 374 u. f.)

bei allen Pflanzenzellen, von aussen nach innen vorschreitend, vorzugsweise zu kohlenstoffreichen Verbindungen, während ihre noch aus Stickstoffverbindungen bestehenden innern Schichten gleichzeitig löslich und der Zellflüssigkeit beigemengt werden. Diese Lösung gibt dann zur Entstehung der jüngeren Zellengenerationen, der secundären, tertiären etc. Zelle oder, nach der Ansammlung grösserer Mengen dieser Proteinsubstanz, zur Entstehung von Tochterzellen, Veranlassung.

Werden dagegen diesen noch proteinhaltigen Häuten der Mutterzellen direct vorwiegend in Säuren (hier Milchsäure) gelöste Proteinverbindungen neben den genannten Salzen gereicht, so assimiliren sie diese organischen Stickstoffverbindungen, ohne, wie es scheint, gleichzeitig flüssige Proteinverbindungen als Endresultat des Stoffwechsels zu erzeugen, der in ihrer bis dahin noch proteinhaltigen Substanz vorgeht, ohne daher in ihrer Zellhöhlung eiweissartige Flüssigkeit anzusammeln, die zur Entstehung neuer Zellgenerationen dienen können[1]).

Auch die Assimilationserscheinungen der Bierhefe sprechen für die Richtigkeit dieser Ansicht. Wird dieselbe in frischem Zustande in die letztbezeichneten Verhältnisse gebracht, so verdickt sich die Membran der einen, hier vorwiegend sich vergrössernden Tochterzelle stärker als gewöhnlich und schmiegt sich an die Mutterzelle als scheinbar secundäre Zelle eng an, die sie bald gänzlich ausfüllt. Auch hier finden sich dann anfangs nicht wie sonst gewöhnlich Tochterzellen innerhalb der dann dickwandigen, aus Eiweissstoffen bestehenden innern Zelle[2]). Solche Tochterzellen treten erst später auf, wenn nach

[1]) Diese Versuche erfordern einen sehr constanten Feuchtigkeitsgehalt der Luft, damit der Verdickungsprocess der proteinhaltigen Membranen der Mutter- oder Tochterzellen nicht durch deren Keimung (Schlauchentwickelung) oder Vergrösserung unterbrochen oder rückgängig gemacht wird. Das Vorhandensein von Schimmelvegetationen stört gleichfalls die Krystallisation, wahrscheinlich weil sie sich dann die proteinhaltigen Nährstoffflüssigkeiten aneignen. Der Antheil, den die unorganischen Stoffe an der Entstehung dieser Krystallformen der Zellmembranen nehmen, wird auch wohl auf synthetischem Wege erforscht werden müssen, da sich der Analyse, für jetzt wenigstens, unüberwindliche Schwierigkeiten entgegensetzen.

[2]) Von Unkundigen sind solche Entwickelungszustände häufig als Plasmakugeln beschrieben, die sich später und zwar auch, wenn sie in reinem Wasser schwimmen „mit einer Cellulosehaut, mit einer Hautschicht des Plasma“ etc. umhüllen sollen; Erscheinungen, die in Obigem ihre naturgemässe Erklärung finden.

Hinzufügung von Wasser oder wässriger Nährstofflösungen diese Verdickung der Zellhaut wieder abnimmt. Abhängig von dieser durch Ernährung mit Proteinverbindungen eintretenden, hier gleichförmigen Verdickung der inneren Zellhaut, die sich der äussern dadurch gänzlich unkenntlich werdenden eng anschmiegt, nimmt die ganze Zelle ein krystallinisches Ansehen an, sie wird tafelförmig, 3—4—5seitig, mehr oder minder scharfkantig, (Fig. V. 13) ganz ähnlich den von mir früher beschriebenen, in dem Milchsaft Jatropha Curcas vorkommenden Krystalloiden [1]). Werden diese Krystalloide befeuchtet oder nur in eine feuchtere Atmosphäre gebracht, so tritt in ihnen eine neue Generation von Zellen auf, deren eine gewöhnlich vorwiegend sich ausdehnt, während dann gleichzeitig die Membranen ihrer Mutterzelle erkannt werden können. (Fig. V. 12.) Die scharfen Kanten der letztern verschwinden, wenn auch die tafelförmige Gestalt noch zu erkennen ist, und in den dann stumpfen Ecken erscheint je ein kleines helles Zellchen, welches zuweilen zu einem Leptothrix ähnlichen gegliederten Mycelfaden auswächst, zu welcher Organisation auch die Inhaltszellchen sich entwickeln, wenn sie über die Oberfläche der Mutterzelle hervorsprossen

Diese in Milchzuckerlösung gewachsenen Leptothrixfäden zerfallen später in Gliedzellen, die zu Milchhefe heranwachsen.

Andere ähnliche mit Zwillingen und Drusen untermischte Krystallformen der Bier- und Milchhefe werde ich sogleich bei Schilderung der Sarcina und deren Entwickelung, sowie später bei der Untersuchung des Verhaltens der Milchhefe zum metallischen Eisen beschreiben.

Um mir reine Milchvibrionen frei von beigemengten Hefezellen zu verschaffen, liess ich die aus Oidium lactis in einer mit oben bezeichneten Salzen gemischten Milchzuckerlösung unlängst entstandenen Vibrionen, nachdem die saure Flüssigkeit durch kohlensaures Natron neutralisirt war, durch ein dreifaches genässtes Filtrum passiren, wobei die Milchhefezellen auf dem Filtrum zurückblieben [2]). Nach einigen Tagen Ruhe der durchfiltrirten Flüssigkeit sammelten sich die Vibrionen am Grunde derselben und blieben beim Abgiessen der Flüssigkeit ziemlich

---

[1]) Ges. Beiträge pag. 305.

[2]) Auch durch gebrannte nicht glasirte Thontöpfe passiren die Vibrionen und deren Keime, während die Hefezellen etc. zurückbleiben.

rein zurück. Diese reinen Milchvibrionen setzte ich in eine Mischung aus gleichen Theilen von absolutem Alkohol und Wasser, in welcher Mischung die oben erwähnten Salze gleichfalls gelöst waren, um zu erfahren, ob die Vibrionen den Alkohol in Essigsäure überführen würden. Diese Umsetzung des Alkohols in Essigsäure durch die auf dem Grunde der Flüssigkeit liegenden, sich dort ohne Gasentwicklung oder Aufnahme vermehrenden und wie bei der Essigbildung zu langen Ketten auswachsenden Vibrionen konnte nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden, obgleich der Alkohol nach einigen Wochen vollständig verbraucht war. Die Flüssigkeit war dann geruchlos und neutral; vor dem völligen Verschwinden des Alkoholgeruches liess sich allerdings eine sehr geringe bleibende Röthung des Lackmuspapiers erkennen.

Ein abermaliges Hinzugiessen von einem der Flüssigkeit gleichen Volumen Alkohol hatte den gleichen Erfolg. Wahrscheinlich verzehrten die Vibrionen die Essigsäure (?), die sie durch Assimilation des Alkohols erzeugten, alsbald wieder, ähnlich der Essighefe, die den aus dem Alkohol gebildeten Essig später, nachdem der Alkohol grösstentheils umgesetzt ist, wieder assimilirt.

Wurden statt der frischen solche Milchvibrionen in Spiritus gebracht, die schon längere Zeit in oben bezeichneter Nährstofflösung mit Milchzucker vegetirt hatten, wobei sich Milchsäure und etwas Buttersäure, die sich durch den Geruch zu erkennen gab, bildeten, so erhielt der vor dem völligen Verbrauch schwachsauer reagirende Alkohol den Geruch von Jamaica-Rum, später war auch die Flüssigkeit geruchlos und neutral.

Nahm ich von erstbezeichneten frischen, reinen, mehrere Monate mit Alkohol statt mit Milchzucker ernährten Vibrionen und brachte sie mit einigen Tropfen ihrer Nährflüssigkeit auf einen oben beschriebenen, im feuchten Raume befindlichen Objectträger, so dass sie in der geringen Menge der am Objectträger hängenden Flüssigkeit der Einwirkung der Luft ausgesetzt waren, so begannen nach 4 Tagen einzelne Gliedzellen der Vibrionen sich unter sehr lebhafter Bewegung derselben zu vergrössern und, wie oben bei Entwickelung der Hefe beschrieben, sich von denselben abzutrennen.

Aus diesen abgetrennten Vibrionen-Gliedzellen entwickelten sich jedoch in diesem Falle weder Micrococcus-, noch Milch-, noch Bierhefezellen, auch setzte sich die eingeleitete paarige

Vermehrung in diesen bald etwas gestreckten Zellen nicht in linearer Richtung fort, sondern veränderte sich sofort in flächenförmige, so dass nach achttägigem Verweilen dieser mit Alkohol ernährten Vibrionen auf dem Objectträger quadratische Zellen mit 4 Inhaltszellen von der Form der Merismopoedia entstanden waren (V. 5. 6); in jeder dieser Theilzellen wiederholte sich darauf derselbe Vorgang, so dass quadratische aus vier einfachen Merismopoedien gebildete Platten entstanden. Diese Merismopoedia färbte sich durch Jod braungelb. Jedes der primären Quadrate wurde bald darauf zu cubischer Sarcina, indem sich die neuen Tochterzellpaare jeder der vier Merismopoedia-Zellen in die dritte Richtung des Raumes lagerten. In dieser Weise vermehrte sich die Sarcina mehrere Wochen, je vier Würfelchen beisammen, mehr oder minder ausgedehnte, etwas unregelmässige Platten darstellend, bis diese dann auch wieder in ihre letzten Elemente, die kugeligen Gliedzellen zerfiel. Vor dem gänzlichen Zerfallen der Merismopoedien erkannte man meistens mit grösster Leichtigkeit, wie anfangs die Mutterzelle der vier oder acht Merismopoedia- (V. 7.) oder Sarcina-Gliedzellen, die sich im letzten Falle meistens ganz unregelmässig in ihrer Mutterzelle gruppirten, in welcher Form sie auch häufig direct sich in verschiedener Nährflüssigkeit aus eben herangewachsenen Vibrionen, z. B. denen von Mucor, bilden, als die von Hallier Colonienhefe genannte Form.

Schon J. Lüders beobachtete das Vorkommen von Merismopoedien bei der Vibrionen-Entwickelung aus Micrococcus, glaubte jedoch, dass dieselbe durch Zusammenkleben der schleimig werdenden Hüllhäute der Vibrionen (Bacterien) entständen. (Bot. Zeitschr. 1866 pag. 36).

Diese Merismopoedien- und Sarcinen-Form findet sich übrigens häufig nicht blos im Innern, sondern auch auf der Oberfläche des thierischen und menschlichen Körpers; so an Haaren, Epithel- und Epidermzellen etc.

Neben diesen kugeligen Micrococcuszellen erschienen bald solche, die 2, 4 oder mehrere unregelmässig gelagerte Inhaltszellen enthielten, von denen ich nicht angeben kann, ob sie in diesen vereinzelten Micrococcuszellen entstanden, oder ob sie noch eingeschlossen innerhalb ihrer Mutterzellen (V. 7) sich aus dem Verbande der Sarcina-Organisation trennten. Die vier Tochterzellen vergrösserten sich innerhalb ihrer Mutterzelle und nahmen zum Theil die Form von Oidiumhefe an, die sich in

der flachen, vierseitigen, dickwandig werdenden Mutterzelle entweder unregelmässig durcheinander krümmten und nach und nach undeutlich wurden, während die Mutterzelle immer deutlicher ihre trapezoidisch-vierseitige Tafelform erkennen liess: oder es lagerten sich diese 4 Tochterzellen regelmässig, den Axen des Trapezes entsprechend, in der Mutterzelle und indem jede eine krystallinische Form annahm, stellte sie eine einem Zwillingskrystall wenn nicht einer aus 4 Octaëdern bestehenden Druse ähnliche Verwachsung dar. In andern Zellen fanden sich dagegen nur zwei, in noch andern acht und mehr Tochterzellen, die gleich den letztbeschriebenen krystallinische Formen annahmen, zum Theil kugelig vieleckige Drusen darstellend.

Diese verschiedenen krystallähnlichen Zellen der Milchhefe stimmen mit den oben beschriebenen der Bierhefe darin überein, dass sich an den Ecken rundliche lichte Stellen befinden, wie es schien, kleine mit Flüssigkeit gefüllte Zellchen, die den innerhalb der kugeligen, zuweilen cuticularisirten Mutterzelle enthaltenen polyëdrischen Formen das Ansehen der mit zahlreichen Zwischenkörpern versehenen Pollenzellen der Caryophylleen etc. gaben. Auch diese, den Zwischenkörpern der Pollenzellen zu vergleichenden Zellchen, wuchsen zuweilen über die Oberfläche der Mutterzelle in Leptothrixform hervor.

Wurde Oidium in eine Lösung von apfelsaurem Kalk und weinsteinsaurem Ammoniak gebracht, so bildeten sich kleine, der von mir gewonnenen Penicilliumhefe an Grösse ähnliche, sprossende Hefe, (kleine Bierhefe). Fügte ich diesem Gemenge Eisenpulver hinzu, so nahmen die oben schwimmenden eine dem 2- und 1axigen Systeme angehörende prismatische, fast cubische Form an und bildeten Zwillinge und Drillinge. Dieses trat besonders deutlich hervor, wenn diese das Eisensalz (bernsteinsaures Eisen?) enthaltenden Zellen mit Schwefelammonium behandelt wurden. Hiedurch wurde es dann zugleich ersichtlich, dass auch hier die Säure, ebenso wie ich es oben von der Milchsäure beschrieben, in den äussern Membranschichten enthalten war, da diese die schwarze Farbe des Schwefeleisens angenommen hatten.

Auch die mit Milchzucker ernährte, Milchsäure enthaltende Milch- und Bierhefe nahm, wenn sie mit Eisen und Schwefelammonium behandelt und einige Zeit der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt worden war, eine krystallinische Form an. Diese Krystalle schienen dann dem 2- und 1axigen

Systeme anzugehören; es waren meistens spitze Octaëder, die ihre mit schwarzen Membranen versehenen Kernzellen und Secretionszellchen durchschimmern liessen.

Alle diese Beobachtungen bestätigen meine schon 1847 (bot. Ztg.) und ausführlicher 1859 (Poggendorffs Annalen und Gesam. Beiträge pag. 305) über ähnliche, im Safte von Pflanzenzellen und Gefässen vorkommende krystalloidische Formen gemachten Angaben, dass sie Zellen, und zwar Zellensysteme seien, welche in Folge eigenthümlicher chemischer Zusammensetzung ihrer Häute die Form von Krystallen annähmen, welcher Idee auch Hartig, der gründlichste Beobachter dieser von ihm als Klebermehl, Aleuron, bezeichneten proteinreichen Organisationen (Bot. Zeitsch. 1856 pag. 257 und Pflanzenkeim 1858 pag. 108) beitrat. Man erkennt die krystallähnliche Form dieser in Samen und Knollen und in andern cambiumreichen Organen vorkommenden Proteinzellen am leichtesten, wenn man mikroskopische Schnitte derselben unter Hühnereiweiss statt unter Oel, Glycerin etc. beobachtet [1]).

Einige Mal beobachtete ich an alten Culturen der Milchhefe unter Luftzutritt bei etwa 25° C. sowohl in Lösung von Rohrzucker mit weinsteinsaurem Ammoniak, die mittelst derselben in geistige Gährung versetzt und von welcher der Alkohol abdestillirt war, als auch in Lösung von Milchzucker, milchzuckersauren und apfelsauren Salzen, mit demselben Ammoniaksalze (nicht bei Anwendung von weinsaurem, citronensaurem und oxalsaurem Salze), eine rothe Färbung des kleinen kugeligen Micrococcus.

Bei Anwendung von apfelsaurem Kalke und weinsaurem Ammoniak, wo sich eine geringe Entwickelung von Ammoniak bemerklich machte, hatten diese Micrococcuszellchen die intensiv purpurrothe Farbe und Grösse der Palmella prodigiosa, während die Farbe im ersteren Falle mehr carminroth war. Gleiche Erscheinungen beobachtete ich früher an altem Kleister und an gekochten Kartoffeln, neuerlichst an Roggenmehl und Klössen, die ich der Güte des Herrn Apotheker Kalbruner

[1]) Unter frischem Hühner-Eiweiss sah ich auch zuweilen die Kernzelle der Blutzellen von frischem Menschenblut nach 1—2 Tagen unter Deckglas vierseitige Tafelform annehmen, jedoch nicht immer; die Ursache dieses ungleichen Verhaltens habe ich nicht näher untersucht, vermuthe sie in der ungleichen Constitution des Blutes.

in Langenlois verdanke, der daraus den schönen, carminrothen, harzigen Farbstoff rein herstellte.

Aus reinen Milchvibrionen entstanden Micrococcuszellen, die unter Einwirkung von kohlensaurem Natron die Milchsäure in Buttersäure verändert; sie waren grösser wie die Palmella prodigiosa und von orangegelber Farbe; vielleicht Palmella aequalis N.

Häufig war hiebei Oidiumhefe und -Mycelium zugegen; deren Saftzellen gleichfalls roth gefärbt waren.

Der rothe Farbstoff ist nicht Inhalt der Micrococcuszellchen, durchdringt auch nicht die ganze Dicke ihrer Membran; sondern nur deren äusserste Schicht, die sich bei Berührung mit Wasser in demselben vertheilt, obgleich der Farbstoff nicht im Wasser, sondern im Alkohol und Aether (Mehlroth Kalbruner's) löslich ist. Die Entstehung dieses mit Gallert gemischten, rothen, harzigen Stoffes ist also, gleich der der Harze und Schleimharze, in centripetaler Veränderung der assimilirenden Zellmembranen begründet, entsprechend der Entstehung des Zwischenzellstoffes der Gewebe. Die Entstehung des Farbstoffes scheint mit der Buttersäurebildung zusammenzuhängen, vielleicht mit dem Verbrauch und der Umsetzung derselben in andere Stoffe bei Gegenwart ammoniakalischer Verbindungen. Die Variationen der Farbe sind wohl durch die Natur und Menge der basischen Körper bedingt.

In amylumhaltigen Substanzen entsteht dieser harzige Stoff wahrscheinlich durch Einwirkung der Vibrionen auf das Stärkemehl, welches durch die Assimilationsthätigkeit derselben augenscheinlich corrodirt und mit der Zeit unter Hinterlassung einer gallertähnlichen Substanz, wahrscheinlich in Dextrin, Zucker und Säure, Milchsäure, Bernsteinsäure und deren Assimilationsproducte verändert wird.

Die blutigen Hostien finden hiedurch ihre naturgemässe Erklärung.

Die Secretionszellchen, welche in einem Mucor-Mycelium vorkamen, das die auf gekochte Kartoffeln übertragene und sich auf derselben üppig ausbreitende Palmella prodigiosa durchwucherte, waren violettroth gefärbt. Diese Färbung, die auch nicht selten das gleichförmig scheinende Plasma des Mycelium annahm, betraf nicht die äusseren Schichten der Haut, wie bei der Palmella, sondern den Inhalt der Zellchen; es beruht die-

selbe vielleicht auf einer Anziehung des Farbstoffes durch das in den Zellchen enthaltene Protein.

VI. Chemische Veränderung der Hefezellhaut.

Jeder unbefangene Beobachter überzeugt sich mit Leichtigkeit, dass die Membran der neu entstandenen, noch in der ersten Entwickelung begriffenen Zelle durch Jod orangegelb gefärbt wird, was darauf hindeutet, dass dieselbe aus Proteinsubstanz besteht [1]). Derselbe erkennt ferner, dass je nach der Natur der Zelle mehr oder minder früh der Proteingehalt ihrer Membran von aussen nach innen vorschreitend, aus der Membran entfernt und durch Kohlenstoffverbindungen endlich gänzlich ersetzt wird, dass ferner der Kohlenstoffgehalt vieler Zellhäute während ihres Bestehens continuirlich zunimmt, bis endlich bei manchen Zellenarten bei gleichzeitiger Abnahme des Sauerstoffes eine reine Kohlenwasserstoffverbindung übrig bleibt, wie es die successiven Veränderungen der Cellulose in Harz, Wachs, Fett, ätherische Oele, Cautchouk etc. zeigen.

Aehnliche Metamorphosen lassen auch die Hefezellen, und zwar in hohem Grade diejenigen proteinreichen Zellhäute des Oidium lactis erkennen, welche wie oben beschrieben, durch besonderes Culturverfahren sich abnorm entwickelten. Auch bei diesen erhärtet die äussere Schicht zu sticksofffreier Substanz,

---

[1]) Manche dieser Proteinzellen, so die oben beschriebenen Krystalloide, die mit dem Chlorophyll höchst nahe verwandten Kleberzellchen (Aleuron), welche wahrscheinlich auch in andere stickstoffreiche Verbindungen in Amygdalin, Myronsäure etc. vielleicht auch in Alkaloide sich umsetzen, haben die besondere Bestimmung während ihres ganzen Bestehens Stickstoffverbindungen aus den von Aussen zugeführten Ammoniaksalzen zu bereiten und als Reservestoffe für künftige Generationen in concentrirtester und der Zersetzung am besten widerstehender Form aufzubewahren. Dass die Alkaloide diese Bestimmung haben, dafür spricht die von mir in „den medicinischen Chinarinden Neu-Granada's“ mitgetheilte Beobachtung über Chinin; für die nahe Verwandtschaft der Kleberbläschen mit dem Chlorophyll spricht der Umstand, dass die Chlorophyllbläschen (bei cultivirten Wurzeln von Daucus Carota von mir als Krystalloid beobachtet) in der Jugend Proteinbläschen sind, die erst später sich färbend vielleicht den grünen, oder auch anders gefärbten Stoff aus dem sie umgebenden Zellsafte anziehen.

während gleichzeitig die innerste, wahrscheinlich zu einer stickstoffreicheren Verbindung geworden verflüssigt wird.

Die äussersten stickstofffrei gewordenen, endlich allein nur diese Oidium-Zellmembran herstellenden Schichten gehen nun später gleichfalls in eine stark quellende, nach und nach löslich werdende Combination über, während die jüngern endogenen Zellen die Functionen der absterbenden, äussersten, die verflüssigt werden, übernehmen.

Die verschiedenen chemischen Verbindungen, welche in diesen Zellmembranen während ihrer fortschreitenden Entwickelung auftreten, sind ihrer genetischen Reihenfolge nach bisher noch nicht ermittelt worden. In Bezug auf die Membran von Oidium lactis lässt sich das jedoch, wie sogleich beschrieben werden wird, auf experimentellem Wege nachweisen, dass, wenn sie mit Milchzucker ernährt wurde, ein Theil der letzten die Verflüssigung herbeiführenden Producte die Milchsäure ist. Diese Milchsäure nimmt zunächst die äussere Schicht der Membran ein, während die innere, je nach dem Nährstoffe, noch mehr oder minder lange als unlösliche, stickstofffreie Verbindung sich zu vermehren fortfährt.

Ganz so einfach ist der Vorgang nicht an denjenigen Zweigen des Oidium, die sich in die Luft erheben und in Folge dessen ähnlich den Gonidienketten der Hypho- und Coniomyceten zergliedern. An diesen in der Luft sich entwickelnden Oidiumzweigen wird die äusserste Membranschicht der Mutterzelle (Hüllhaut), ebenso wie es oben pag. 11 von der Oidiumhefe beschrieben wurde, cuticularisirt, und erst die nächst innere Schicht, wird zu der im Wasser löslichen Milchsäure. Durch Hinzufügung von basischen Körpern wird die Trennung der aus den letzt bezeichneten Schichten der Membran von Oidium lactis entstandenen Milchsäure aus dem Verbande mit den übrigen Bestandtheilen derselben herbeigeführt und deren raschere Lösung veranlasst.

Bringt man kohlensaure Alkalien oder Erden, oder dergleichen, oder auch reine, in Milchsäure lösliche Metalle in den Wirkungskreis des mit Milchzuckerlösung befeuchteten Oidium, so entstehen unter der äussersten cuticularisirten Membranschicht der aufsteigenden Zweige Ansammlungen der flüssigen, milchsauren Verbindung, welche jene mehr oder minder auftreiben, indem sie sich tropfenförmig über die endogenen Gliedzellen, (wie in VI. 2 *a*) gleichmässig ausbreiten, oder sich an einer Seite der Hyphe ansammeln, wenn diese etwas schräge steht (VI. 2 *b*).

An den unter Wasser vegetirenden Mycel- und Hefezellen finden dieselben Veränderungen statt, was sich durch die sogleich zu beschreibende Reaction nachweisen lässt, jedoch natürlich nicht diese tropfenförmigen Ansammlungen des milchsauren Salzes, da unter diesen Verhältnissen keine Cuticularisirung der Aussenschicht stattfindet und die entstandene Säure oder das zerfliessende neutrale Salz sich dann ungehindert im Wasser löst.

Auch an anderen Pilzen sind ähnliche Erscheinungen wie an den aufsteigenden Oidium-Aesten häufig zu beobachten und solche oft aus Säuren oder einem sauren zerfliessenden Salze, oft aber auch aus Schleim bestehende Tropfen sind auch wohl als Thautropfen beschrieben worden. Wachsen diese Säuren bildenden Pilze in trockener Luft, oder bildet die entstandene Säure krystallisirende, nicht zerfliessende Verbindungen, so finden sich diese (gewöhnlich oxalsauren) Krystalle auch scheinbar äusserlich der Zellmembran aufgewachsen; scheinbar, da sie doch in der Regel noch von der äussersten cuticularisirten Hautschicht bedeckt sind.

Blaues Lackmuspapier mit diesen an Penicillium, Mucor etc. hängenden Tropfen in Berührung gebracht, wurde bleibend geröthet. In manchen Fällen scheinen sie aber nur farbloser, neutraler Schleim zu sein, welche Schleimbildung unter anderem auch die durch Versuche bestätigte Veränderung des Penicillium in Gliocladium hervorbringt, und die pag. 18 erwähnten Cephalosporium-Formen erzeugt. Wahrscheinlich gibt hier das anfangs gebildete neutrale, oxalsaure Salz mit der continuirlich in der wachsenden Pilzmembran entstehenden Oxalsäure ein saures Salz, welches mit dem zweiten Antheil der Membran eine zerfliessliche, schleimige Mischung bildet und später, wenn das Material für neue Säurebildung (z. B. Kohlehydrate) gänzlich verbraucht ist, von den inneren Membranschichten wieder assimilirt wird, ähnlich der Milchsäure von der Milchhefe.

Unter Wasser vegetirend löst sich bei diesen Pilzen die eben entstandene freie Oxalsäure und bildet mit den im Wasser befindlichen basischen Körpern, oder deren durch sie zersetzbaren Verbindungen, die so häufig neben gewissen Pilzen (Penicillium, Mucor) und der Hefe, frei auskrystallisirenden, oxalsauren Salze.

Da nicht die Membran in ihrer ganzen Dicke gleichzeitig diese chemische Veränderung eingeht, sondern nur die äusseren Schichten, während die inneren in der ursprünglichen Form anderer

chemischen Combinationen nachwachsen, so bleiben alle Gliedzellen dieser Organisationen stets von einem Theile der Cuticula überzogen.

Um die Bildung der Milchsäure schrittweise zu verfolgen, und um zu erkennen, dass dieselbe zuerst in den älteren Membranen und zwar in deren Aussenschichten entsteht, bringt man auf halbtrocken vegetirendes, mit Milchzucker, und den pag. 12 aufgeführten Salzen ernährtes Oidium oder dessen Hefe fein zertheiltes metallisches Eisen und lässt dies einige Zeit mit demselben in Berührung. Hierauf nehmen die Membranen der Zellen, Hyphen und Mycelfäden, von dem metallischen Eisen beginnend, eine rothe Farbe an. Bringt man ein solches Pilzgewebe in eine Atmosphäre von Schwefelammonium oder übergiesst es mit einer Lösung desselben, nachdem es vorher rasch mit einer Lösung von Aetzammonium gewaschen wurde, so lässt das dadurch entstehende schwarze Schwefeleisen deutlich erkennen, wie sich die in der äussern Haut entstandene Eisenverbindung von der Berührungsstelle mit dem metallischen Eisen beginnend, über das Mycelium oder die Hefezelle ausbreitet.

Wurde das Schwefelammonium gasförmig angewendet, so wachsen die innern Zellen (Tochterzellen, Gliedzellen), wenn das von Schwefeleisen bedeckte Mycelium darauf von neuem mit einer Nährstofflösung in Berührung gebracht wird, an den Bruchenden farblos unter der mit schwarzem Schwefeleisen durchdrungenen Cuticula hervor, von welcher zuweilen, vorzugsweise an den in der Luft gewachsenen Aesten, nur die äusserste, von der cuticularisirten Aussenschicht überzogene Schichte, schwarz gefärbt war und rindenartig abblätterte.

An Mycelfäden, die durch plötzlichen Nahrungswechsel abgestorben, in denen aber aus den Kernzellen der Gliedzellen eine Reihe junger Tochterzellen sich entwickelt hatte, die sich nicht völlig berührten, lässt sich durch Behandlung mit Eisen und Schwefelammonium erkennen, dass die alte abgestorbene Membran des Mycelfadens keine Säure mehr enthielt, wohl aber die äussern Membranschichten der jungen Tochterzellen.

Aehnlich der Milchsäure verhält sich in Bezug auf den Ort der Entwickelung die Bernsteinsäure und die Oxalsäure, welche durch die in Rohrzuckerlösung vegetirende Bierhefe, erstere in noch grösserer Menge in Apfelsäure oder deren Salze stets gebildet wird. Hier gehen jedoch wie es scheint früher

als bei der Milchsäure auch die endogenen, noch unvollkommen entwickelten Zellen in den Process der Säurebildung ein.

Auch an der Bierhefe sieht man, wenn sie in Milchzuckerlösung neben metallischem Eisen untergetaucht cultivirt und auf gleiche Weise behandelt wird, zuerst die äusserste Membran (die der Mutterzelle), darauf die der innen frei enthaltenen Tochterzellen und dann erst das zwischen beiden enthaltene flüssige Plasma schwarz werden. Dies Verhalten kann wohl als Beweis dienen, dass der Zellsaft und die Membran der Tochterzelle die Säure nicht in Folge von Endosmose, sondern von der eingeschlossen an ihrer Oberfläche löslich gewordenen und zum Theil in Säure veränderten Tochterzelle erhielt.

Alle diese an den in Milchzuckerlösung neben metallischem Eisen vegetirenden Hefe- und Mycelzellen vorkommenden Erscheinungen, mag die Hefe nun das metallische Eisen unmittelbar berühren oder nur die bei überschüssigem Eisen fern von der Hefezelle entstandene Lösung von neutralem milchsaurem Eisen empfangen, erklären sich am einfachsten dadurch, dass zuerst die Aussenschicht der Aussenzelle in eine Säure verändert wird, welche im Wasser gelöst mit dem vorhandenen Eisen ein neutrales Salz darstellt, welches darauf seiner Neigung saure Salze zu bilden folgend, mit der in den Zellmembranen inzwischen fortdauernd entstandenen Säure sich verbindet, an der Luft sich höher oxydirt und die Membranen, in denen es enthalten ist, roth färbt [1]).

Als fernerer Beweis, dass das Auftreten der Säure und die Entstehung des Eisensalzes wirklich von einem Assimilationsprocesse der Haut, nicht von einem Zersetzungsprocesse des Zellsaftes herrühre, der etwa die Zellhäute gleichmässig durchtränke, und exosmotisch zugleich in die allgemeine Nährflüssigkeit übergehe, kann ausser dem pag. 50 mitgetheilten des Ungefärbtbleibens abgestorbener Mutterzellen der Umstand dienen, dass ein Oidium, welches durch Kochen oder durch Aether getödtet, darauf in milchsaure Eisenlösung neben Eisen gebracht und dann mit Schwefelammonium behandelt wurde, eine ziemlich gleichmässige Färbung aller Theile zeigte, wogegen die mit Milch-

[1]) Schleimige, nicht saure Pilze, geben mit Schwefelammonium nicht diese Reaction auf Eisen, auch wenn sie neben den Genannten auf demselben Objectträger mit Eisen wuchsen, so ein Stilbum, welches sich zufällig eingefunden hatte, Gliocladium u. a. m. Eine vergleichende Untersuchung in dieser Richtung bleibt noch auszuführen übrig.

zucker ernährten, und darauf der Wirkung von metallischem Eisen ausgesetzten Oidienzellen durch dieselbe Reaction, vorzugsweise in den Membranen des ganzen Zellsystems, und zwar in deren äussern Schichten, die Säure, wie beschrieben, erkennen liessen.

Ganz dieselben Reactionen wie die Häute der Gewebezellen, d. h. die verschiedenen ineinandergeschachtelten Häute der Mutter- und Tochterzellen zeigten auch die Secretionszellchen und die gleichzeitig mit dem Oidium stets in der Flüssigkeit vorhandenen Vibrionen, die sich, wie oben beschrieben, aus jenen entwickeln und wieder zu Oidium heranwachsen. Auch diese Vibrionen setzen den Milchzucker sehr rasch in Milchsäure um; in der sauer werdenden Milch finden sie sich zuerst, später erst tritt Oidium auf. Die durch Vibrionen aus Milchzucker gebildete Säure wurde durch dieselben nach Hinzufügung eines Ueberschusses von neutralem kohlensaurem Natron in Essigsäure, dagegen bei Ueberschuss von doppelt kohlensaurem Natron oder kohlensaurem Ammoniak oder Kalk in Buttersäure umgesetzt.

Da neben dem Oidium stets Vibrionen vorkommen und beide zusammen bei den in der Praxis befolgten Herstellungsmethoden der Milchsäure aus überschüssig vorhandenem Zucker in gleicher Weise zu wirken scheinen, so nehme ich an, dass auch die in der Oidiummembran entstehende Säure Milchsäure ist, obgleich dies nicht so sicher nachgewiesen ist, wie jenes, dass die Vegetation der Vibrionen diese Umsetzung des Milchzuckers bewirkt.

Nach Analogie des Mycoderma aceti dürfte man vermuthen, dass das auf der Oberfläche an der Luft vegetirende Oidium die unter Flüssigkeit von den Vibrionen und der Hefe gebildete Milchsäure, nach dem vollständigen Gebrauche des Zuckers, wieder assimilire und, ausser zu dem Membranstoffe, zu einer differenten Säure umsetze.

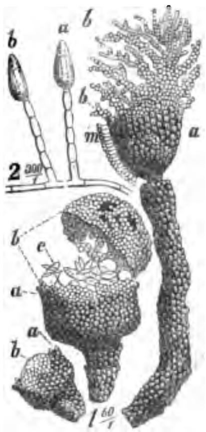
Auch an dem auf Spiritus wachsenden Mycoderma aceti (II. 3) lässt sich durch die Reaction mit Eisen etc. nachweisen, dass die Säure in den Häuten der Hefezellen und ganz besonders in denen der jüngeren Generationen enthalten ist, die Richtigkeit der Ansicht Pasteurs bezeugend, dass die Hefe als assimilirender Organismus, nicht wie Blondeau meint allein nur als Contactsubstanz, als Ueberträger des Sauerstoffes, gleich dem Phosphor oder Platinmohr auf den Alkohol wirke.

Gleich wie die Milchhefe und deren Keime (Vibrionen etc.) den Milchzucker continuirlich assimilirt und in Milchsäure und

in die Kohlehydrate, welche ihre Membranen zusammensetzen, umändert und erst nachdem ihr kein Milchzucker mehr gereicht wird, ihr Assimilationsproduct die Milchsäure wiederum als Nahrung aufnimmt und neben dem Kohlenhydrat-Antheil ihrer Membran daraus Essigsäure oder, bei Gegenwart von Kalk, Buttersäure bildet: so assimilirt die Hefe und mit ihr die Vibrionen, Leptothrix, etc. zunächst den in wässeriger Lösung ihr gebotenen Alkohol und darauf nachdem dieser verbraucht ist, sein End-Assimilationsproduct die Essigsäure, wobei Kohlensäure ausgeschieden wird.

Bringt man Oidium lactis oder Hefe, welche einige Zeit in mässig feuchter Luft (nicht unter Flüssigkeit) mit Milchzucker in Berührung war, mit metallischem Eisen zusammen, indem man über die auf dem Objectträger vegetirende Milchhefe Eisenfeile streut, so nehmen zuerst, wie oben bemerkt, manche dieser das Eisen berührenden Zellen, später auch viele von demselben entfernt liegenden, mehr oder minder rasch eine intensiv rothe Farbe und bald auch eine erstaunliche Grösse an. Man würde sich gezwungen glauben, die Ursache der merkwürdigen und ausserordentlichen oft sehr beschleunigten Vergrösserung allein nur in einem mechanischen Aufquellen der Zellhäute zu suchen, sähe man nicht zugleich die im Innern der hiebei zum Theil schichtig verdickten Mutterzelle unter den pag. 38 angedeuteten Culturverhältnissen vorhandenen Tochterzellchen (Fig. 1 VI. *c.*) verhältnissmässig mit heranwachsen, und sich so vermehren, dass sie die Mutterzelle gänzlich ausfüllen.

Fig. VI.



Auch die Haut dieser Tochterzellchen producirt Säure, wie die Eisenreaction erkennen lässt; ihre Gestalt ist nach der Verbindung ihrer Haut mit dem Eisen derjenigen der oben beschriebenen Proteinkrystalloide sehr ähnlich; wie diese sind sie flache, 3—4—5 seitige wenn auch weniger scharfkantige und eckige Täfelchen; unregelmässig neben-

Fig. VI. 1. Drei durch Einwirkung von metallischem Eisen veränderte Milchhefezellen und Myceläste, *a* die äussere, *b* die secundäre Zellhaut, jede mit einer Schicht von kleinen Zellchen dicht belegt, bei *m* mit hervorgewachsenem, gestieltem Micrococcus besetzt, *c* Tochterzellchen. 2. Zwei aufrechte Aeste von Oidium lactis, an denen sich an der Spitze Tropfen von milchsaurem Eisen unter der Hüllhaut ansammelten.

einanderliegend füllen sie die grosse Zellhöhlung völlig aus, fallen aber, wenn die Haut der Mutterzelle zerbrochen wird, mehr oder minder mit einander vereinigt aus derselben hervor.

Aehnliche Metamorphosen erfahren auch die Oidiummycelien, besonders die in die Luft hineinragenden zergliedernden Aeste, wenn sie in ähnliche Verhältnisse gebracht werden, und zwar der Art, dass die verschiedenen Gliedzellen sich oft ungleich ausdehnen, meistens die oberen zuerst und mehr als die unteren, gewöhnlich stielrund bleibenden, sich etwas streckenden, wodurch diese Zweige mit ihren kopfförmig angeschwollenen Endzellen Mucor- oder später frucht- oder blumenähnlich werden, wenn sich die oberste vergrösserte Zelle am Scheitel deckelartig, oder von oben nach unten klappig einreissend zu öffnen beginnt. Wie nebenstehende Fig. VI. 1 zeigt zerreissen die Häute der primären (1. *a*) und secundären (1. *b*) Zelle jede in ihrer eigenthümlichen Weise.

Auch in Rücksicht auf die Organisation der Pflanzenzelle im Allgemeinen sind manche dieser Vegetationen der Milchsäurezellen von grossem Interesse.

Diejenigen nämlich, welche die oben beschriebenen Krystalloidzellchen enthalten, sind auch an der inneren Oberfläche jeder der beiden ineinandergeschachtelten Zellhäute, welche die Wandung bilden, mit einer Schicht kleiner Zellchen belegt, die, entweder eng beisammen liegend und an einander abgeplattet oder etwas von einander entfernt, dem ganzen Zellsysteme das Ansehen und die Structur einer kleinnetzig, warzig oder porös verdickten Parenchymzelle geben. (De Cella vitali 1843. Ges. Beiträge pag. 37 und 437).

Diese Zellchen, morphologisch den Secretionszellchen der zusammengesetzten Pflanze gleichwerthig, wachsen gleichzeitig mit ihrer Mutterzelle zu der Grösse heran, dass die zwischen der primären (1. *a*) und secundären (1. *b*) Zelle liegenden eine Epidermis bildet. Das ganze Zellsystem ist oft höchst ähnlich der Aussenhaut vieler Pollen- [1]) und Diatomaceen- (Gallionella, Biddulphia, Coscinodiscus, Triceratium, Amphitetras etc.) Zellen.

Wird ein solches von aufgenommenem Eisen rothgefärbtes Zellsystem in eine neue Mischung der oben bezeichneten Nährstofflösung ohne Eisen gelegt, so zerfällt es bald in seine Elemente. Die Zellchen, welche dasselbe zusammensetzen, sowohl

[1]) H. Karsten De cella vitali 1843. Ges. Beiträge pag. 43 und 409.

die krystalloidischen Inhaltszellchen als auch die der Oberhaut beginnen sich abzurunden und sich etwas zu vergrössern, es entstehen neue Generationen in ihnen, die endlich frei werden, indem ihre Special-Mutterzelle verflüssigt wird, und so sieht man sie bei Monate hindurch fortgesetzter Beobachtung sich in der Weise der Unterhefe, microsporonartig, d. h. durch Entwickelung freier Tochterzellen vermehren.

Diese mit milchsaurem Eisen durchdrungenen, warzig verdickten Oidiumzellen waren es auch, an welchen, wie pag. 26 angegeben und (VI. 1. *m*) gezeichnet, ein Hervorwachsen von sehr lang gestielten Inhaltszellchen, aus oder neben den Zellchen, welche die netzig-warzige Oberhaut darstellen, beobachtet wurde, nach Art des sog. Micrococcus, der Vibrionenkeime.

Auch Hyphomyceten, besonders Penicillium und Botrytis so wie Rhizopus gaben, nachdem sie einige Zeit mit Milchzucker ernährt vegetirten und darauf mit metallischem Eisen in Berührung gebracht wurden, sehr interessante Präparate, zum Theil ähnlich denen des Oidium mit angeschwollenen Gonidienketten oder Hyphengliedzellen. An den Gonidienketten von Penicillium schwellen in der Regel die obersten ältesten Gonidien zuerst etwas an, dann folgen nach und nach die unteren.

Die in Milchzuckerlösung mit Nährstoffsalzen gesäeten und bald darauf mit Eisen in Berührung gebrachten Penicilliumgonidien schwellen langsam an und entwickeln an der inneren Oberfläche ihrer nach und nach ausserordentlich vergrösserten und verdickten Aussenhaut zahlreiche Zellchen, die derselben ein netzig- oder porösverdicktes Ansehen geben, so dass dadurch Formen entstehen, die den oben von Oidium beschriebenen porös dickwandigen ähnlich sind. In anderen Fällen füllen die Tochterzellen mehr die Höhlung an und werden einem mit Gonidien gefüllten-Mucorköpfchen ähnlich.

Sehr häufig finden sich auch hier wie bei Oidium, wenn es mager cultivirt war, inhaltsleere Zellen mit ganz glatten Wandungen. Nicht selten durchbricht die innere, mit milchsaurem Eisen durchtränkte Zelle (Fig. 1. *b*) die äussere, einfache oder auch zellig-, warzig- etc. verdickte Haut, welche abblättert oder zerspaltet, während jene hervorwächst. (Fig. 1. *a*)

Die für diesen Zweck angestellten Culturen dürfen nicht feucht gehalten, nur in feuchter Luft unternommen werden, da diese mit saurem Eisensalze durchdrungenen Vegetationen dem Zerfliessen sehr ausgesetzt sind.

Auch ohne solche vorgängige Cultur habe ich die Gliedzellen und Gonidien genannter Schimmel, sowie im Staube enthaltene Micrococcuszellen und Vibrionenkeime in beschriebener Weise anschwellen sehen, wenn sie mit polirtem metallischem Eisen in Berührung gebracht wurden; ohne Zweifel weil diese Zellchen Säuren oder saure Salze enthielten.

Wird es aus den eben mitgetheilten Erscheinungen des Wachsthums dieser Pilzzellen ersichtlich, dass es deren assimilirende Membranen sind, welche die zerfliessende Säure bilden, so ist die Ursache der abnormen Vergrösserung dieser Zellen in der nachträglichen Verbindung dieser Säure mit dem neutralen milchsauren Eisen zu einem sauren Salze zu suchen, so dass also die ganze Erscheinung der merkwürdigen Missbildung auf einem rein chemischen Processe beruht, der diejenigen, welche in den unter normalen Bedingungen vegetirenden Zellen stattfinden, in der Weise ändert, dass die normale Entwickelung eine krankhafte wird, welche die endliche Zerstörung des Organismus herbeiführt.

Gegen die Idee, dass die Säure hier bei den Pilzen eben so wie das Harz und Wachs etc. durch die Assimilationsthätigkeit der Zellmembran entstehe, könnte noch das Bedenken erhoben werden, dass es vielleicht die Secretionszellchen (Microgonidien, Vibrionenkeime) allein seien, welche zwischen diesen Membranen des Zellensystems, (der ineinandergeschachtelten Zellen 1sten, 2ten, 3ten etc. Grades) wie oben bemerkt eingeschlossen, diese organischen Säuren durch ihre vegetative Thätigkeit erzeugen, um so mehr da ohne Zweifel die Vibrionen, die sich aus ihnen entwickeln, auch bei völliger Abwesenheit von entwickelteren Zellenformen sehr energische Erzeuger von Säuren, z. B. von Milch-, Butter-, Essigsäure sind. Dagegen sprechen jedoch diejenigen, durch Aufnahme von Eisen in gleicher Weise vergrösserten Zellen, deren Wandung durchaus structurlos ist, d. h. ohne erkennbar zellige Organisationen zwischen den beiden sie zusammensetzenden Membranen der ineinandergeschachtelten Zellen und ohne eingeschlossene freie Zellchen in ihrer Höhlung; ferner die Thatsache, dass von dem Oidium-Mycelium und deren Hefezellen, wenn dieselben untergetaucht sich entwickeln, zuerst die Membranen, dann erst der flüssige Inhalt, der sich ausserhalb der Kernzelle befindet, durch Eisen und Schwefelammonium geschwärzt werden.

Gegen andere Metalle, gegen Aluminium, Magnesium, Zink, Kobalt, Nickel, selbst gegen Kupfer verhalten sich diese Milchsäurezellen ähnlich wie gegen Eisen, bilden mit denselben jedoch farblose oder nur schwach gefärbte, zum Theil, (besonders mit Kupfer) sehr leicht zerfliessliche Organisationen. Zu Versuchen mit dieser Säurehefe sind daher diese Metalle weniger günstig.

Bei Gegenwart von kohlensauren oder pflanzensauren Kalksalzen kommt die Milchhefeform, falls nicht überflüssiger Milchzucker zugegen ist, nicht zur Entwickelung. Die jüngeren Generationen bleiben kleiner, anfangs der Bierhefe, die späteren Micrococcus ähnlich; sie werden dickwandig, während die vorhandene Milchsäure bekanntlich in Buttersäure umgewandelt wird. Das aus den übrigen organischen Säuren entstehende Product ist noch nicht ermittelt. Auch in den Drüsen und Wurzelhaaren vieler Gewächse entwickelt sich eine das Lackmuspapier bleibend röthende mit Kalk zerfliessliche Salze gebende Pflanzensäure, die das Anhaften und Eindringen in festes, in organischen Säuren lösliches Gestein vieler Pflanzen erklärt.[1])

Die Entstehung der Milchsäure, der Bernsteinsäure, der Apfelsäure etc. in der assimilirenden Zellmembran, nicht in dem endosmotisch wirkenden Zellsafte, hat übrigens kaum etwas Befremdendes für denjenigen, der den oxalsauren Kalk häufig an der Oberfläche von Pilzzellen hat auskrystallisiren sehen, z. B. an der Oberfläche des Myceliums von Agaricus campestris, Phallus impudicus etc. Auch diese Oxalsäure ist das letzte, nicht das erste Assimilationsproduct der Pflanzenzelle, wie die Physiologen seither annehmen. Die einfachen, unorganischen Nähr-

---

[1]) Das Eindringen von Pilzmycelien in das Zahnbein, in Knochen, in Muschelschalen etc. wurde von **Wedl** wiederholt beobachtet und genau beschrieben. Die von **Wedl** mir gütigst mitgetheiltem Mycelien, welche wahrscheinlich einer Mucorinee angehörten wie dessen Untersuchungen (Abhandl. d. k. k. Wiener Akademie 1859 und 1864) ergaben, entwickelten bei der Cultur eine Torula mit runden, glatten schwarzen Gonidien. Diese Säure bildenden Pflanzen können den Ammoniakbedarf für ihre Stickstoffverbindungen mit Leichtigkeit aus der Luft entnehmen, wenn nicht andere mit der Säure sich verbindende Basen sich in ihrem Wirkungskreise befinden; bei Gegenwart von Kohlehydraten oder anderen ähnlichen Kohlenstoffverbindungen würden sie auch ohne durch organische Stickstoffverbindungen ernährt zu sein z. B. auf Papier, Glas, Stein vegetiren können.

stoffe der Pflanze werden ohne Zweifel nicht direct von derselben assimilirt, vielmehr bilden sie mit den Assimilationsproducten der Zellmembranen complexe, leicht umsetzbare Verbindungen, welche von den jüngeren Zellgenerationen, und zwar theils von den zunächt innen befindlichen (den secundären etc. und den Secretionszellchen), theils von dem oft weit entfernten Cambiumgewebe, (dem diese zusammengesetzten Verbindungen durch den aufwärts und peripherisch sich verbreitenden, allgemeinen Nahrungssaft oder vermittelst Diffusion in demselben auch abwärts und in centraler Richtung zugeführt werden) als Nährstoffe verbraucht, den verschiedenartigen, von den Vegetabilien gelieferten Assimilationsproducten als Grundlage dienen.

Der Eingangs erwähnte Umstand des Fehlens einer scharfen Gränze zwischen Vegetations- und Secretionszellen bei Pilzen gestattet schon die Annahme, dass bei ihnen auch die Häute der Secretionszellchen einem den Membranen der Gewebezellen ähnlichen oder gleichen Entwickelungsgange unterliegen können, wie dies selbst bei hochorganisirten Gewächsen, ungeachtet des bei diesen ziemlich scharf ausgeprägten Gegensatzes dieser beiden Zellenarten, hinsichtlich der Gerbsäure [1]) der Wachs- und Harzbildung [2]) des fetten Oeles [3]) stattfindet [4]).

---

[1]) Der von mir angegebene Nachweis des Vorkommens der Gerbsäure nicht nur als Inhalt einer grösseren die Gewebezelle ausfüllenden Tochterzelle, sondern auch in Secretionszellchen (über die Stellung einiger Familien parasitischer Pflanzen im natürlichen Systeme Nova Acta Band XXVI: Ueber das Vorkommen der Gerbsäure in den Pflanzen 1857. Gesammelte Beiträge pag. 254) wurde von Hartig durch umfassende Untersuchungen bestätigt. Die Meinung Nägeli's, dass diese Gerbsäure in den Secretionszellchen stets an Amylum gebunden sei, ist unrichtig und durch die mangelhafte Methode der Untersuchung veranlasst (das Mikroskop pag. 490). In den Balanophoren, bei denen ich diese Gerbsäure enthaltenden Bläschen zuerst auffand, kommt gar kein Stärkemehl vor.

[2]) Man vergleiche H. Karsten Ges. Beiträge pag. 298 und 312, Wiesner Sitzungsbericht der Wiener Akad. Band LI. und Vogl Bot. Zeit. 1866.

[3]) Harz: Ueber Entstehung des fetten Oeles in Oliven (Sitzungsbericht der Wien. Akad. 1869).

[4]) Auch die in den Kernzellen häufig entstandenen zu Drusen um eine endogene Zelle vereinigten Krystalle von oxalsaurem Kalk erhalten ihre Säure höchst wahrscheinlich durch Umsetzung der Membranen der in den Kernzellen enthaltenen jüngsten Secretionszellchen in Oxalsäure. Die Häute der Kernzellen bestehen dann aus Cellulose (Gesammelte Beiträge pag. 309) welche wahrscheinlich beim Eintritte der nächsten Ent-

An diese sauren oder aus Säure-Verbindungen bestehenden Secretionsstoffe scheinen sich in dieser Beziehung die übrigen organischen Säuren zu reihen. Wie ich es schon für die Milchsäure im Obigen mittheilte, so geben auch hier bei Pilzen die Zellchen, welche sich zwischen den Membranen, die das Rhizopus-Peridiolum zusammensetzen, befinden, hinsichts der Oxalsäure, ein Beispiel solchen gleichartigen Verhaltens von Secretions- und Gewebezellen, das sich bei fernerer Beobachtung dieses Gegenstandes ohne Zweifel vervielfältigen wird.[1]) Unter der äussersten Zellmembran (Cuticula) dieses Peridiolum nämlich befindet sich eine Schicht kleiner Zellchen, deren Häute häufig so wenig entwickelt sind, dass sie der Beobachtung entgehen; in anderen Fällen sind sie deutlicher sichtbar und geben dem unter Flüssigkeit gebrachten Peridiolum ein poröses Ansehen; ein Bau, den J. Lüders auch bei den Sporen von Mucor, Botrytis und Penicillium beobachtete. Werden diese Peridiolen unter Milchzuckerlösung gebracht, so entwickeln sich diese Zellchen zu länglichen, gebogenen, den Vibrionen sehr ähnlichen Formen, wahrscheinlich wachsen sie auch unter geeigneten Verhältnissen als sogenannte Micrococcus über die Oberfläche hervor. Diese Bläschen nun erheben sich, unter gewissen Entwickelungsbedingungen, die mir noch nicht genau bekannt sind, in Form kleiner Borsten[2]), (spitzer Octaëder?) oder stumpfer Octaëder über die Oberfläche und lassen dieselbe rauh erscheinen; sie bestehen nicht selten anfangs aus einer an Oxalsäure reichen Zellhaut, wie man sich durch Hineinlegen eines solchen jungen halbreifen Peridiolums von Mucor stolonifer in Kalkwasser überzeugt, wo dann diese Wärzchen die Form sehr stumpfer Octaëder annehmen, während sie an reifern, continuirlich spitzer gefunden wurden. An halbentwickelten Köpfchen fand ich nicht alle diese Zellchen gleichzeitig octaëdrisch geworden, nachdem jenes mit Kalkwasser in Berührung gekommen war,

wickelungsperiode in Oxalsäure verändert wird, die den eingeschlossenen oxalsauren Kalk löst, um ihn in dem aufsteigenden allgemeinen Nahrungsstoffe den jüngern in der Entwickelung begriffenen Organen zuzuführen.

[1]) Man vergleiche auch Harz: Ueber Polyporus officinalis „Bulletin de la Soc. imp. d. nat. de Moscou 1868, pag. 1. Wiesner Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaft. Band. 51.“

[2]) Die auch Fresenius beschreibt und von einigen Mucor-Arten abbildet (Beiträge zur Mycologie pag. 10 Taf. I.). Corda deutet dieselben gleichfalls schon (Icones II. pag. 20, Fig. 83) bei Rhizopus an, und beschreibt sie als Product des körnigen Zerfallens des Peridiolum.

sondern in bestimmten Abständen nur einzelne (VII. 2. *b*.). Ohne Zweifel ist die Entstehung dieser Säure einem bestimmten, sich durch Zeit und Raum kundgebenden Entwickelungsgesetze ebenso unterworfen, wie dies bei allen Ernährungs- und den davon abhängigen Gestaltungsprocessen der Fall ist.

Der von Solms-Laubach (Bot. Ztg. 1866 pag. 147) beobachtete oxalsaure Kalk zwischen den Verdickungsschichten der Rindenzellen von Coniferen (in Krystallform bei Ephedra) erklärt sich vielleicht, ebenso wie das von Wiesner beobachtete Vorkommen von Pectose zwischen den Schichten der Zellwandungen des Zuckerrohrs, durch Veränderung einzelner Celluloseschichten in diese sauren oder der Säuerung geneigten Verbindungen (Bot. Untersuchungen, herausgegeben von H. Karsten Bd. 1. pag. 124).

Es ist wohl höchst wahrscheinlich, dass ähnlich den eben genannten auch in dem zusammengesetzten Pflanzengewebe die übrigen verwandten organischen Säuren, deren Entwickelung noch nicht untersucht wurde, durch die fortdauernde Action chemischer Wahlverwandtschaft aus der Substanz der von dem allgemeinen Nahrungssafte durchdrungenen Zellwände entstehen. Auch deuten die seither auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen darauf hin, dass der Ernährungs- und Assimilationsprocess innerhalb der verschiedenen Regionen der Wandungen der Pflanzenzellen ein verschiedenartiger ist (pag. 39 und 47). Abhängig von dem Diffusionsstrome, der die Mischung der allgemeinen Nährflüssigkeit mit dem Zellsafte bewirkt, wachsen die äussern Membranschichten vorzugsweise auf Kosten der Flüssigkeit, welche in den Zwischenzellräumen und in der durch Veränderung der Zellwände hervorgegangenen Zwischenzellsubstanz, so wie in den Zellwänden selbst durch die Adhäsionskraft (als Capillarität und Imbibition) aufwärts gehoben wird: während die inneren Schichten der Zellwand vorzugsweise durch den Zellsaft ernährt werden, der nach aussen, der endosmotisch eindringenden Nährflüssigkeit entgegen, strömt. Dieser für ihre Haut assimilirbare Saft der Zelle wird nun von den jüngeren in dem Zellhohlraum befindlichen Generationen geliefert, die ihrerseits wiederum, wie wir oben pag. 7 sahen, der assimilirenden Thätigkeit der Wandung ihrer Special-Mutterzelle ihre Entstehung verdanken. Daher existirt auch in der Natur keine einfache Gewebezelle. Alle den Organismus zusammensetzenden Zellen sind Zellensysteme (Fig. I.)

Diese Constitution gewisser Schichten der wachsenden Zellmembran aus Säuren oder deren Salzen in Verbindung mit geringen löslich gewordenen Antheilen der ursprünglichen Membran, analog dem Bestehen der lebenden Zellwände aus letztern Stoffen mit Glycosiden, mit Fett- und Harzsäuren oder deren Verbindungen und Derivaten (ätherische Oele), sowie aus den isomeren Modificationen der Kohlenhydrate (Cellulose, Schleim, Gummi, Inulin, Amyloid, Zucker etc.), mit unorganischen Stoffen: diese und andere ähnliche Erscheinungen beweisen, dass die Zellmembran nicht (wie dies noch Mohl, der gründlichste Kenner dieses Gegenstandes, in seiner vielgelesenen Abhandlung über die Pflanzenzelle vortrug) ein unveränderliches Product (Cellulose) der bildenden Thätigkeit des Organismus ist, welche letztere in dem von einer starren todten Membran umgebenen flüssigen Inhalte ihren Sitz habe, sondern dass vielmehr in der Assimilationsthätigkeit der organisirten Theile der Pflanzen, sowohl die Ursache der Erzeugung organisirbarer Verbindungen als auch die der Entstehung neuer Organisation beruhe, und dass in beiden zusammengenommen das eigentliche Wesen des Lebens bestehe.

Ist nun durch die Analyse des Entwickelungsganges der Milchsäurehefe bewiesen, dass in deren Membranen die Säure entsteht, und zwar dass die äussern Schichten der Membran, entsprechend den Intercellularstoffen des zusammengesetzten Pflanzengewebes in dieselbe umgesetzt und aufgelöst werden, um den folgenden Generationen zur Nahrung zu dienen, die sie dann in andere Verbindungen, in Essigsäure, Buttersäure, neben Wasserstoffgas etc. umsetzen, ein Process den auch die Bierhefe, welche unter anderen, für sie normalen Verhältnissen Oxalsäure, Bernsteinsäure etc. bildet, unter ähnlichen Entwickelungserscheinungen und allmäliger Formänderung ausführt[1]), wenn sie mit Milchzucker ernährt wird: so ist es wohl sehr wahrscheinlich, dass es auch diese äusseren, älteren Membranschichten der Zellen der Bier- und Weinhefe sind, welche, wenn sie in Rohrzucker vegetiren, als letztes Assimilationsproduct Kohlensäure und Alkohol geben. Vielleicht sind es die in den äussersten Schichten der Membran gebildeten Säuren, die sich mit

[1]) Wurde Bierhefe mit Milchzucker unter Beisein von Kohlenwasserstoffgas ernährt, so entstand in ihren äussern Membranschichten Milchsäure ohne Formänderung in Milchhefe die sonst (ohne Kohlenwasserstoffgas) sehr bald eintritt.

dem Zucker chemisch verbinden und in Form eines solchen zusammengesetzten Aethers derartig von den nächst inneren Membranschichten assimilirt werden, dass die bekannten Gährungsproducte als Educt dabei frei werden. Die hauptsächlichsten dieser Educte werden nicht getrennt als Alkohol und Kohlensäure frei, sondern in einer der Xanthogensäure entsprechenden chemichen Verbindung als Alkoholkohlensäure, was daraus zu entnehmen ist, dass die Kohlensäure nicht unmittelbar neben den Hefezellen, sondern erst in einiger Entfernung von denselben entweicht, wie dies bei der Beobachtung des Wachsthums der Hefezellen in Rohrzuckerlösung unter Deckglas erkannt werden kann.

Durch chemische Reactionen diesen Vorgang in seiner Entwickelung zu verfolgen, bleibt allerdings noch weiteren Untersuchungen vorbehalten. Schon frühere Bearbeiter dieses Gegenstandes, z. B. Anthon erkannten durch vergleichende Beobachtungen des Hefeentwickelungsganges und der dabei stattfindenden Zersetzung des Zuckers, dass die Alkoholbildung nicht zusammenfällt mit der Entstehung neuer Hefezellen, wohl aber mit dem Absterben der vegetirenden Hefe — und Wiesner (Sitzungsbericht d. Wien. Acad. 1869) dass die Gährungserscheinungen abhängig sind von dem Heranwachsen der Hefezellen und zwar unabhängig von der Entwickelung ihrer Tochter- und Secretionszellen; somit, wie mir scheint, bedingt durch die Assimilationsthätigkeit der äusseren Membranen.

Im Sinne Liebig's dagegen sind diese Erscheinungen dahin interpretirt worden, dass die schon abgestorbene, sich zersetzende Hefesubstanz auf den Zucker durch Contact zersetzend einwirke, was jedoch das schon von Schwann ausgeführte Experiment, die Hefe durch eine poröse Wand von dem Zucker zu trennen, nicht bestätigt, da dann nur der in nächster Umgebung der Hefe, nicht der an der anderen Seite der Scheidewand befindliche Zucker die Gährungsproducte gab, sowie der Liebig'schen Ansicht auch die Beobachtung Wiesner's widerspricht, dass Hefezellen, die durch Zersetzung ihrer, von ihm als Plasma [1]) bezeichneten secundären und Tochterzellen getödtet waren, eine geistige Gährung nicht mehr bewirkten.

---

[1]) Wie hinderlich eine vorgefasste irrige Ansicht für die richtige Beurtheilung einer sorgfältig studirten Erscheinung ist, wird unter anderem auch durch die Darstellung ersichtlich, die Cohn uns in seiner werthvollen Abhandlung über die Entwickelung mikroskopischer Algen und Pilze (1853

Alle diese Gründe bestätigen den aus der Analogie der Säurebildung gewonnenen oben ausgesprochenen Schluss.

Die Bedeutung eiweissartiger Verbindungen als Nährstoffe für die Hefe und als Beförderer der Gährung ergibt sich aus der Erwägung, dass, wie wir am Eingange dieses Capitels sahen, von den innern Schichten der älteren Membranen und von den jungen, noch gänzlich aus Proteinstoffen bestehenden Zellhäuten eiweissartige Verbindungen der Nährflüssigkeit leichter und rascher assimilirt werden als Ammoniumverbindungen, und dass sich die kohlenstoffreicheren Verbindungen, welche die äusseren Schichten der Zellwand darstellen, aus den stickstoffhaltigen, inneren entwickeln, daher auch gleichzeitig eine raschere Entwickelung der äusseren kohlenreicheren, stickstofffreien Membranschichten durch jenen proteinartigen Nährstoff begünstigt wird[1].

Nova Acta) gibt, indem er die von Dujardin Vacuolen genannten mit durchsichtiger Flüssigkeit erfüllten Zellchen für wässrige, rhythmisch contractile Ausscheidungen hält. Jeder vorurtheilsfreie Beobachter des von Cohn mit grosser Sorgfalt beschriebenen Phänomens wird, wenn derselbe sich überhaupt mit dem eigentlichen, anfangs stets sehr rasch verlaufenden Wachsthume der Pflanzenzelle bekannt gemacht hatte (Ges. Beiträge pag. 377), die natürliche Erklärung desselben mit mir in der auf einander folgenden Entwickelung endogener Zellgenerationen in jeder der beiden sogenannten Vacuolen finden. Während nämlich die Membran des einen Zellchens wächst und durch ihre Ausdehnung den umgebenden grünen Zellsaft über das zweite (jüngere?) benachbarte, mit ihr in diesem trüben Safte eingebettete Zellchen etwas zusammendrängt, wird dieses etwas verdunkelt. Nachdem aber die Membran der ersten Zelle verfloss und der dichtere Zellsaft der mechanisch etwas ausgedehnten, dann wieder sich zusammenziehenden Mutterzelle in dem dünnern Inhalte des verflüssigten Zellchens sich verbreitete, tritt das zweite inzwischen gleichfalls continuirlich gewachsene, aber nicht in dem Masse ausgedehnte Zellchen rasch deutlich hervor, während ein in dem Assimilationsproducte jenes ersten Zellchens entstandenes, neues Zellchen nun wieder heranwächst und so fort, bis der durch diese Assimilationsthätigkeit der aufeinander folgenden Generationen der beiden Tochterzellchen erzeugte Stoff die Zusammensetzung hat, dass er zur Entstehung der hier zur Vermehrung der Art dienenden Gewebezelle tauglich ist.

Aehnliche Erscheinungen rasch wachsender und dann verflüssigender Membranen beschrieb ich schon 1852 (Ges. Beiträge pag. 234, Taf. XVI. Fig. 9, 10, 11.)

[1]) Den Einfluss von humussauren Ammoniumverbindungen auf die Entstehung auch stickstofffreier Kohlenstoffverbindungen, auf die des Amylums, erkannte ich bei Ernährung der Wurzelspitzen von Palmen 1847. Gesammelte Beiträge pag. 130.

Die von Thénard nachgewiesenen, von Pasteur und Mayer wiedergefundenen stickstoffhaltigen Substanzen in ausgegohrenen Flüssigkeiten, sind wohl kaum mit jenen Beobachtern als Excremente der Hefe aufzufassen. Ohne Zweifel sind es die Proteinstoffe, welche von der durch die Analyse getödteten Hefe herrühren und die in ausgegohrenen Flüssigkeiten stets in grosser Menge vorhandenen, auf dem Filtrum, wie oben bemerkt, nicht zurückbleibenden Vibrionen und Vibrionenkeime, welche diese Proteinsubstanzen ausmachen, die demnach zum Theil wirklich als Nahrungsmittel der Hefe, zum Theil, indem sie zu Hefe heranwachsen, die Gährung befördern.

VII. Morphologische Bedeutung der Hefevegetationen.

Mit der Erkenntniss, dass die Hefe durch Nahrungswechsel die verschiedenen bekannten und oben beschriebenen Formen annimmt, und dass selbst alle diese Hefeformen sich aus den jungen Zellanfängen vieler Pflanzen- und Thierarten entwickeln können: ist nun die Idee als völlig nichtig beseitigt, dass die Hefe in ihren verschiedenen Variationen selbstständige Pflanzenarten repräsentire.

Vielmehr bin ich noch heute der vor zwanzig Jahren über die Natur dieser Bildungen ausgesprochenen Ansicht: „dass diese Zellenvegetationen weder den Pilzen noch den Algen als Species zugerechnet werden dürfen, dass sie weder Thier- noch Pflanzenspecies sind. Die Aufgabe des Systematikers wie die des Anatomen und Physiologen wird es jetzt sein, nachzuweisen, welche Ordnungen der Elementarorgane des lebenden Körpers sich von dem Ganzen zur selbstständigen Fortbildung zu trennen vermögen, unter welchen Verhältnissen dies möglich ist oder nothwendig wird, und in welche Gebilde, bei einem solchen individualisirten Leben sich umzugestalten, den verschiedenen Entwickelungsstufen desselben gestattet ist“ etc. Ges. Beitr. pag. 200.

Diese damals aus vielfacher Beschäftigung mit der Hefe gewonnene Ansicht ist inzwischen immer mehr meine Ueberzeugung geworden und zwar bezweifle ich überdies heute, dass überhaupt die zur Hefezellengruppe gehörenden Bildungen im Stande sind die Formen der organischen Arten, von denen sie abstammen, wieder herzustellen, dass aber diese aus dem orga-

nischen Verbande vollkommenerer Organismen getrennten Zellen mit mehr oder minder grosser Unabhängigkeit sich von den organischen Verbindungen, zum Theil derjenigen Organismen, denen sie zur Entwickelung dienstbar zu sein bestimmt waren, ernähren und sich viele Generationen hindurch vermehren können.

Von den oft sehr ähnlichen Hypho- und Coniomyceten ist diese Gruppe hefeartiger Zellenvegetationen demnach dadurch verschieden, dass dieselben nicht wieder die höchst entwickelte Form der Art hervorzubringen vermögen, von der sie abstammen, während die seither als eigene Pflanzenspecies betrachteten Arten von Hypho- und Coniomyceten freilich gleichfalls nicht selbstständige Species sind[1]), aber dann, wenn sie auf einen für ihre Entwickelung günstigen Boden gelangen, Geschlechtsorgane hervorbringen[2]).

Demnach gehören die Hypho- und Coniomyceten in den normalen Entwickelungskreis von samenerzeugenden, eigentlichen Pilzspecies, während die Hefezellenfamilie eine gänzlich ausserhalb des Pflanzen- und Thiersystemes stehende Gruppe organisirter Bildungen ist, deren eigenthümliche, aus jedem dieser beiden Reiche abstammende Formen sich, wie gesagt, nur durch einfache Zellenentwickelung vermehren können; es fehlen ihnen nicht allein die durch Befruchtung erzeugten Samen, sondern auch ganz in der Regel die cuticularisirten Dauergonidien.

Wenn die zusammengesetzteren, pag. 20 genannten Formen dieser Hefefamilie eine Periode der Entwickelungsruhe durchleben können, so geschieht dies dadurch, dass die Tochterzellen innerhalb ihrer in der Entwickelung unterbrochenen und absterbenden Mutterzelle, ähnlich den Macrogonidien von Mucor pag. 72, Fig. VII. 1. *d*, ihre Assimilationsfähigkeit bewahren und die Functionen derselben übernehmen und zwar diese in

---

1) Wie dies zuerst Fries dann die Brüder Tulasne in ihren meisterhaften Werken „Systema mycologicum“ und „Carpologia fungorum“ nachgewiesen haben.

2) Aehnlich wie sich zahlreiche Arten hochentwickelter Pflanzenfamilien lange durch Brutknospen, Zwiebeln, Knollen und andere Knospenformen vermehren können, bis sie durch Clima und Bodenverhältnisse in den Zustand versetzt werden, Geschlechtsorgane hervorzubringen. In diesen verschiedenen Entwickelungsformen einer und derselben Pilzspecies eine parthenogenetische Vermehrung zu sehen, wie dies noch heute von Mycologen von Fach geschieht, zeugt von einem gänzlichen Verkennen der Pflanzennatur.

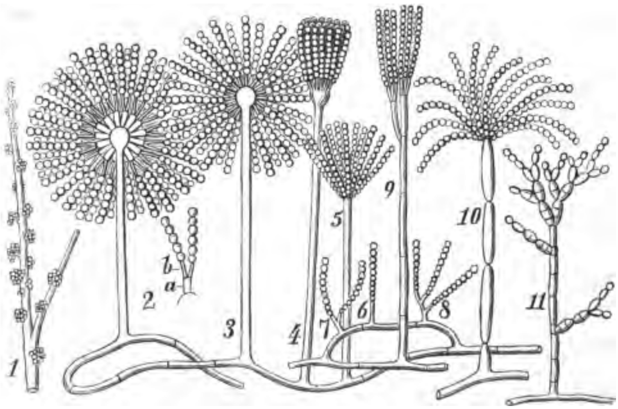
derselben Art und Weise wie die Mutterzelle, wenn die früher stattgehabten Lebensbedingungen wiederkehren, dagegen wenn andere Ernährungsverhältnisse eintreten, in einer dem entsprechend veränderten Form.

Die der Hefegruppe nahe verwandten Hypho- und Coniomyceten unterscheiden sich von einander schon durch ihre Lebensweise, indem letztere Parasiten sind, die sich im Innern des Nährorganismus entwickeln, aus dem ihre gedrängt beisammenstehenden, selten lang gestielten Gonidienzellen zur Zeit der Reife meistens hervortreten; die Hyphomyceten dagegen, auch wenn sie sich auf lebenden Organismen ausbreiten, sich ganz in der Regel von todter organischer Materie ernähren; von dem Mycelium derselben erheben sich meistens einzeln stehende aufrechte Zweige, die in der Luft ihre an Nährstoff reicheren, cuticularisirten Gonidien hervorbringen.

Gleich diesen Hyphomyceten ernähren sich die Hefezellen von organischen Verbindungen abgestorbener, selten von dem organisationsfähigen Safte lebender Organismen oder deren assimilationsthätigen Zellhäuten, indem letztere meistens vorher erkranken, in Folge der Entziehung und Veränderung ihrer Nahrungssäfte durch die in ihrer Nähe wuchernden Pilze und pilzartigen Organisationen.

Einige derjenigen Hefeformen, welche auf Grund vielfacher Beobachtungen und umsichtig angestellter Experimente heute von den bedeutendsten Dermatologen als beständige Begleiter von Hautkrankheiten bei Thieren und Menschen angegeben werden,

Fig. IV.



werden zum Theil von gewissen Hyphomyceten zum Theil von der Gattung Mucor abgeleitet.

Diejenigen Hyphomyceten, welche als Stammpflanzen der den thierischen Organismus bewohnenden Hefe erkannt wurden oder für solche zu halten sein könnten: Penicillium, Torula, Aspergillus [1]) Sterigmatocystis, Rhodocephalus, Briarea, denen sich Arten von Cladosporium, Sporidesmium, Botrytis und wohl

[1]) Da Aspergillus glaucus nach Tulasne's und A. candidus nach Kick's Beobachtungen Hyphogonidien, ersterer von Eurotium lateritium Montg. letzterer von E. herbariorum Lk. sind, so würde man zögern, andere Arten derselben Gattung Aspergillus für die Gonidienform von Mucor zu halten; wäre nicht von andern Gattungen von Hypho- und Coniomyceten ein ähnliches Verhalten ihrer Arten beobachtet worden, so wie es sich jetzt ja auch herausstellt, dass die seither als Typus der Gattung Mucor betrachteten Peridiolen fast allen Mucorinen-Gattungen eigen sind. Ueberdies scheinen auch Penicillium-Formen als Gonidien der verschiedensten Pilze vorzukommen; ausser das oben bei Mucor angeführte erinnere ich nur an das von Willkomm: (Feinde des Waldes pag. 207) und Hallier (Parasitologische Untersuchungen pag. 70) aus Corticium-Samen entwickelt beobachtete Penicillium.

Auf und in dem menschlichen Körper sind verschiedene Aspergillen gefunden, auf der Epidermis bringt er nach Hallier den Herpes tonsurans am Kopfhaar die Zooglaea capillorum hervor. In den Lungen ist er von Virchow und Fresenius, im Ohre sehr häufig so von Wrede, Gruber u. A. beobachtet, wo er sein Mycelium auf dem Trommelfell ausbreitet und seine Hyphen in den Gehörgang richtet, so dass er Schwerhörigkeit hervorbringt. Hier kommt er, wie ich durch Gruber's Hülfe mich überzeugte, mit gelben dunkelbraunen und fast schwarzen Gonidien vor als A. flavescens fumigatus und nigricans, der gelbe zuweilen mit gegabelten Sterigmen (Fig. 2. *a. h.*); wie es scheint sind alle diese Formen zunächst nur Variationen von A. glaucus (man vergleiche Wrede's „Myringomykosis aspergillina 1868). Bei Culturen des A. flavescens fand ich Uebergänge zu Sterigmetocystis und bei Aussaat von A. glaucus auf magerem Boden (Spuren vom Safte roher Kartoffeln) erschien auf seinem Mycelium Torula und Penicillium. Auch Cramer erhielt Penicillium durch Aussaat seiner Sterigmatocystis. Asp. flavescens, dessen Sterigmata alle aufwärts gerichtet sind, ging sehr leicht in Rhodocephalus über. Sterigmatocystis und Rhodocephalus ähnliche Formen erhielt ich auch bei Cultur von Penicillium auf einem an Traubenzucker und Proteinstoffen (Eiter) reichen Boden. Dass ein und dieselbe Pilzart je nach der Art der Ernährung ausserordentlich variirt, ist daraus ersichtlich, dass ich aus einem schönen, ganz normalen A. conoideus Spreng. auf Lab nach mehreren Generationen Aspergillus glaucus Lk. erzog. Die länglichen Gonidien von Botrytis cana Knz. und Schmidt werden auf stickstoffreichem Boden kugelig wie die von B. grisea Lk. Uebrigens müssen ferner anzustellende Versuche und Beobachtungen lehren, ob die Penicillium ähnlichen Variationen von Aspergillus und die Aspergillus ähnlich von Penicillium dennoch trotz der äussern Aehnlichkeit vielleicht stets specifisch verschieden sind von den

noch andere, besonders die wirklich schmarotzenden anreihen, sind vielleicht, wie schon zum Theil pag. 22 angedeutet, nur Gonidienformen von Mucorinen.

Diese aus bis jetzt allerdings noch vereinzelten Beobachtungen abgeleitete Ansicht, dass Formen von Aspergillus, Penicillium und Verwandte nur Gonidienformen von Mucorinen sind, von denen man schon jetzt eine Anzahl von Arten als gefährliche Feinde des Thierlebens erkannt hat, scheint eine Stütze in der Thatsache zu finden, dass die auf der menschlichen Haut wuchernden und sie krank machenden Hefe- und Mycelformen diesen Schimmeln angehören sollen. Die kleine Gruppe von parasitischen Hyphomyceten würde aus dieser gänzlich aufzulösenden Familie als Mucorinen den Hyphogonidien anzureihen sein, während die übrigen Hyphomyceten wohl die Gonidien erzeugenden Entwickelungsstufen der Hymenomyceten (Basidiomyceten, Ascomyceten) sind.

Eine andere Frage ist die nach der Möglichkeit der Increszenz der aus Microgonidien, Vibrionen oder Micrococcus hervorgegangenen Hefeformen zu der Form der organischen Species, von der sie abstammen. Dieser Gegenstand fordert bei seinem mehrfachen und allgemeinen Interesse die fortgesetzte, anhaltendste und angestrengteste Aufmerksamkeit aller Physiologen und Systematiker. Denn falls selbst die aus den Gewebezellen einer Schimmelpflanze vorzeitig getrennte Tochterzelle, nachdem sie die normale Ernährung durch ihre mütterliche Zelle für ihre fernere Entwickelung entbehrte, (pag. 14) nicht mehr vermag zu dem Wesen dieser ihrer Mutterzelle sich heranzubilden, und gleich dieser die typische Form des ursprünglichen Schimmels wieder herzustellen, so würde die jetzt wieder von Darvin und seiner Schule ebenso eifrig vertretene, wie von den Systematikern mit Zweifel und Misstrauen betrachtete Annahme der Evolution der ganzen Mannigfaltigkeit specifisch verschiedener Organismen aus einer oder aus wenigen Grundformen eine um so geringere Wahrscheinlichkeit für sich haben. Darvin's

---

eigenthümlichen, höchst entwickelten typischen Formen von Aspergillus und Penicillium. Das Gegliedertsein und die kopfförmige Anschwellung der Hyphe sind sicher kein constanter Charakter von Aspergillus. Die Corda-sche Gattung Rhodocephalus ist mit demselben Rechte zu Penicillium wie zu Aspergillus zu ziehen. Eine weitere Ausführung meiner Beobachtungen dieses Gegenstandes wurde im Anfange dieses Jahres Herrn Dr. Gruber für sein Journal übergeben und wird bald veröffentlicht werden.

Adscendenz-Theorie müsste vielmehr, wenn man, wie mir scheint, das Verhalten dieser einfachen Organisation zur Beurtheilung der Entwickelung zusammengesetzter Organismen benutzen darf, in eine Descendenz-Theorie umgewandelt werden, wiedersprächen nicht einer solchen Annahme noch mehr alle Erfahrungen über die organisirte Schöpfung der Vor- und Jetztzeit.

Fände dagegen eine Heranbildung der Vibrionen und der aus ihnen entstandenen Hefe zu der Pilzspecies statt, von welcher sie abstammen, wie dies J. Lüders und Hallier, sowie für die Hefe Bail, Hoffmann und Berkeley u. A. m. gefunden zu haben meinen, so würde auch die Annahme berechtigt sein, dass die den vollkommeneren Organismen entsprungenen Vibrionen gleichfalls wieder zu den Pflanzen- und Thierspecies werden können, denen sie angehörten. Eine derartige Beobachtung an den so lebenszähen,[1]) bildsamen Vibrionen wäre nun in der That ein ausserordentlicher Schritt sowohl für die Erklärung des Daseins der verschiedenen aufeinanderfolgenden organisirten Schöpfungen, die unsern Planeten bewohnten, als auch für die, mit der zunehmenden Variation der climatischen und Bodenverhältnisse auf der Erdoberfläche vermehrte Mannigfaltigkeit der organisirten Species und deren Verwandtschaftsreihen.

Allerdings ist diese der Lehre Darvin's entsprechende Idee eine dem philosophischen Geiste weit willkommenere als die der Linné'schen Systematik zu Grunde liegende Annahme einer nur geringe Abweichungen zulassenden Stabilität der einmal vorhandenen Formen durch alle Nachkommen bis an ihren Untergang, und um so mehr war ich bemüht durch vielfach abgeänderte Versuche mich von dem wahren Sachverhalte zu überzeugen; mit den bis jetzt angewendeten Mitteln erlangte ich je-

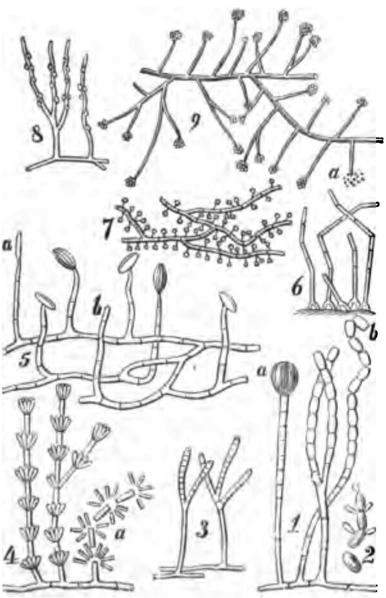
---

[1]) Schon Spallanzani erkannte, dass Schimmelgonidien trocken eine viel grössere Hitze als unter Wasser aushalten können, wo sie Siedehitze ertragen. Polotebnow (Sitzungsber. d. k. k. Akad. der Wissensch 1869) glaubte gefunden zu haben, dass Penicillium-Gonidien, die bis 5 Minuten in kochendem Wasser sich befanden, neben Vibrionen vollständig normales und fructificirendes Mycelium entwickeln. Penicillium-Gonidien, die 15 Minuten in alkalischer Flüssigkeit gekocht waren, entwickelten nur Vibrionen, in saurer Flüssigkeit gekocht, waren sie gänzlich getödtet. Nach den genauen Versuchen Hoffmann's werden die Gonidien von Penicillium durch das Verweilen im Wasser, welches bis zu 76°—83° C. erhitzt wurde, getödtet; die Hefe und Vibrionen bei 84°—100° C. Trocken erhitzt ertrugen die Gonidien 200° die Hefe über 215° C. Die Vibrionen starben schon beim Austrocknen.

doch, wie oben bemerkt, kein positives Resultat. Desshalb muss ich zweifeln, dass überhaupt jemals die aus Secretionszellen entstandenen Hefearten die Fähigkeiten haben, die Natur der Gewebezellen und damit die der Gonidien, der Dauergonidien oder Knospenzellen oder gar diejenige der viel höher entwickelten Eizellen einer organischen Species sich anzueignen.

Eine natürliche Systematik dieser Hefevegetationen ist heute noch gänzlich unmöglich, da die Verschiedenartigkeit der Eigenschaften der Hefeformen verschiedener Abstammung, welche jedenfalls, wenigstens anfangs, vorhanden sein muss, noch fast gänzlich unbekannt ist. Eine solche Classification müsste zunächst begründet sein auf die Abstammung der Hefe je nach der Pflanzen- oder Thierspecies, nach der Art der Gewebezellen und nach der Reihenfolge der ineinandergeschachtelten, die Keime der Hefe enthaltenden Zellen, welche eine Gewebezelle darstellen. Jede dieser demnach unterschiedener Hefearten endogener, vom Organismus getrennter Zellchen würde dann wieder in den zahlreichen, oben zum Theil angeführten Formvariationen auftreten können, die sich, je nach der Natur des Nährstoffes, aus jeder dieser heterogenen Zellchen entwickeln. Als solche Formvariationen dieser Hefearten ergeben sich die Palmella- (Micrococcus-, Microsporon-) Formen, welche zum Theil die Keimzellen der Vibrionen (Bacterien und Bacterienketten) zum Theil die der mycelartig unverästelten Leptothrix, Spirillium, Spirochaeta, Spirulina, Beggiatoa oder verästelten Leptomitus, Hygrocrocis und gewiss vieler anderer unter den Algen (als Arten und Gattungen von Phycochromaceen und Coccophyceen) aufgeführter Formen sind; ferner die aus Palmella gleichfalls abstammenden Merismopoedien und Sarcinen, die verschiedenen eigentlichen Hefearten, deren höchstentwickelte die schon ein fadenförmiges, verästeltes Mycelium hervorbringende Milchhefe das Oidium, zum Theil Achorion ist, an die sich eine Reihe

Fig. III.



pag. 18 genannter Formen (III) anschliessen, die jetzt zum Theil noch als artenreiche Gattungen zu den Hyphomyceten gestellt werden. Alle diese Gewächse sind ausgezeichnet durch das leichte Zerfallen in ihre einzelnen Gliedzellen, sobald diese mit der Luft in Berührung kommen, wesshalb sie wohl die Bezeichnung von Schizomyceten verdienen.

Da bei Pflanzen meistens bestimmte Parasiten ja oft selbst bestimmte Entwickelungsstufen eines Parasiten eigenthümliche Krankheitserscheinungen hervorbringen, dürfte man glauben, dass Aehnliches bei den Thieren vorkomme. Dies scheint nun nach den vorhandenen Beobachtungen nicht der Fall, da als Ursache einer und derselben Krankheit an dem menschlichen Körper von verschiedenen Beobachtern zum Theil sehr verschiedene Pflanzenformen angegeben werden, z. B. bei Favus: Mucor von Hoffmann,[1] Aspergillus von Pick, Penicillium von Pick und Hallier. Auch dieser Widerspruch betreffs der biologischen Erscheinungen von Parasiten bei Pflanzen und Thieren würde gleichfalls gehoben sein, wenn die Hefezellen und Mycelien, die z. B. auf der äussern Haut des Menschen bei der bezeichneten Krankheit angetroffen wurden, wirklich von jenen Schimmeln abstammen, und wenn in der That die beiden letztgenannten Schimmel die Gonidienformen einer und derselben samenerzeugenden Pflanze, d. h. Arten von Mucor sind.

Jedenfalls scheint die Familie der parasitischen Mucorineen diejenige unter den Pilzen zu sein, welche den normalen Zustand des thierischen und menschlichen Körpers am meisten gefährdet, und sind dieselben wohl desshalb vom allgemeinsten Interesse. Daher möge hier ein näheres Eingehen auf die wich-

---

[1]) Hoffmann (Bot. Zeitung 1867) erzog zuweilen aus dem Favus nach einem oder nach wenigen Tagen Mucor, oft aber nicht. Die rasch nach wenigen Tagen der Cultur aus dem kranken Gewebe hervorsprossenden Schimmel sind häufig wohl nur accessorische nachträgliche Beimengungen der eigentlichen Krankheitserreger, die als Hefeformen (Oidium, Achorion, Microsporon, Leptomitus) bekannt sind. In diesem Falle ist es indessen sehr wahrscheinlich, dass das Oidium des Favus dem Mucor angehörte, der zum Theil oberflächlich wucherte, dessen Gonidien oder Mycelien aber auch wiederholt auf denselben Körpertheil gelangen konnten, wo dann die erst kürzlich hinzugekommenen, noch nicht durch die Milchsäure oder den Zucker des Schweisses etc. in Oidium oder im andern Falle, wenn abnorme Mengen von Harnstoff vorhanden, in Microsporon veränderten, an dem neuen Standorte noch wieder zu Hyphen- und Peridiolenbildung gelangten.

tigsten Formen und Entwickelungsverhältnisse dieser Mutterpflanzen mancher Contagien gestattet sein.

Alle Mucorineen haben das gemein, dass sie in der meist[1]) durch Copulation entstandenen Fruchtzelle[2]) einen oder mehrere völlig freien Samen enthalten. Sie sind zur Zeit der Reife weder in der Höhlung ihrer Specialmutterzelle enthalten, welche dort, wo sie dann noch vorhanden ist, Schlauch, ascus[3]) genannt wird (bei Pyreno- und Discomýceten), noch sind sie in (scheinbar auf) zweigartigen Auswüchsen derselben, dann Basidie genannt, eingeschlossen (bei Hymenomyceten).

Ihre Mycelien und Hyphen sind meistens ungegliedert und zeigen nicht selten Cellulose-Reaction. Gonidienformen sind häufig zweierlei, zuweilen mehr, vorhanden, deren eine in der Regel als freie Inhaltszellen zahlreich beisammen in kugelförmig angeschwollenen Enden von aufrechten langen Hyphen vorkommt während die andere entweder einzeln (Peronospora, Empusa, VIII. 2), oder in Ketten (Cystopus) meist auf kurzen Hyphen steht, oder mehr oder minder zahlreich beisammen in ei- oder keulenförmigen Astenden des Myceliums enthalten (Saprolegnia, Achlya, Leptomitus VIII) und meistens mit schwingenden Wimpern ver-

---

[1]) Nur bei Stigmatomyces geschieht die Befruchtung durch Antherozoiden.

[2]) Die beiden sich copulirenden Zellen sind entweder von gleicher Grösse oder die befruchtende männliche Zelle, das Antheridium, ist kleiner als die zu befruchtende weibliche. Diese weibliche Zelle ist bei allen blattlosen Zellenkryptogamen, so viel bis jetzt bekannt, stets vor der Befruchtung nackt, mit Ausnahme der Charen und der sogleich zu beschreibenden Mucorine Stigmatomyces (Fig. IX), deren beide geschlechtliche Zellen gleichfalls von ungleicher Grösse sind.

Wir können demnach die Mucorinen in vier Gruppen bringen, bei deren erster die beiden geschlechtlichen Zellen ziemlich gleichgestaltet (Mucor, Syzygites, Peronospora, Cystopus), bei den übrigen ungleich geformt sind. Bei letzteren kommen erstens nackte Früchte vor (Achlya, Saprolegnia), zweitens aus nackten Archegonien entstandene mit einfacher Oberhaut versehene Früchte (Eurotium, Helicosporangium*) und drittens aus regelmässig gebauten mit Oberhaut versehenen Archegonien entstandene Früchte (Stigmatomyces).

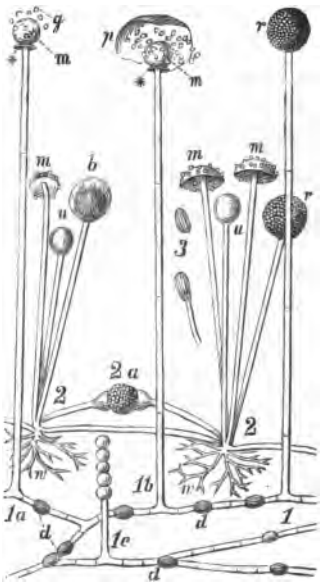
*) Von mir beschrieben und abgebildet: „Botanische Untersuchungen pag. 76.“

[3]) Diese Samenmutterzellen, die Schläuche und Basidien, verwachsen schon vor der Samenentwickelung mit dem Gewebe des Fruchtbodens, aus dem sie ihre Nahrungsflüssigkeit beziehen. (Man vergl. meine Darstellung der Entwickelung der Frucht von Coenogonium „Ges. Beitr.“ pag. 337).

sehen ist. Ausser der Gattung Mucor gehören die oft thierbewohnenden Saprolegnia, Achlya, Chytridium, Stigmatomyces und die, so viel bis jetzt bekannt, ausschliesslich pflanzenbewohnenden Leptomitus, Peronospora, Cystopus, Xenodochus, Taphrina, (deren Frucht noch unbekannt) und Helicosporangium, ferner die scheinbar unschädlichen Phycomyces Pilobolus, Eurotium hierher.

Die von Micheli 1779 aufgestellte, sehr formenreiche Gattung (Mucor VII.) ist charakterisirt durch die einzeln als Copulationsproduct zweier ziemlich gleichförmiger Zweige entstandenen Samen (Fig. 2 *a*) durch die in einer kopfförmigen Auftreibung, peridiolum (VII. 1 *b* und 2 *p.*) der langen aufrechten Hyphe enthaltenen zahlreichen Gonidien, (Fig. 3) welche gewöhnlich im Umkreise einer im Grunde des Peridiolum zu einer kugeligen Mittelsäule sich erhebenden Tochterzelle der Hyphe (Fig. 1 und 2 *m*) gelagert sind[1]).

Fig. VII.



Zur Zeit der Reife reisst die sphärische zarte Hülle meistens etwas über dem Grunde ringsum regelmässig ein und die stehenbleibende Basis krümmt sich oft schirmartig zurück (Fig. 1 *a* und *b**) während die Mittelsäule unverändert bleibt; diese Form ist als die typische für Mucor angesehen, dessen längstbekannte

Fig. VII. Mucor. 1. M. Mucedo. *a.* Hyphe mit abgefallener *b.* eine andere mit eben abgerissener Peridiole *p.* deren Basis * stehen geblieben ist. *m.* Mittelsäulchen. *g.* Gonidien. Eine dritte Hyphe trägt ein noch geschlossenes Peridiolum. *r.* 1. *c.* Hyphe mit einer Torulakette. *d.* Macrogonidien. 2. M. stolonifer *a.* Einsamige Frucht durch Copulation zweier Aeste entstanden nach Bary; (mir selbst wollte es trotz aufmerksamen Suchens bisher nicht gelingen diese Angabe bestätigen zu können). *u. u.* junge Peridiolen. *r.* eine ältere noch geschlossene. *m. m. m.* geöffnete, deren Mittelsäulchen zurückgekrümmt sind. *b.* eine junge Peridiole unter Wasser mit coagulirtem Inhalte, wodurch die grösseren Zellchen, welche der Peridiole innen anliegen und oft Oxalsäure erzeugen, sichtbar wurden. 3. Gonidien von M. stolonifer, die eine gekeimt.

[1]) Selten bleibt diese Zelle ganz unentwickelt ohne eine Mittelsäule zu bilden in der Hyphe. Auf solche Variationen bezieht Bonorden den Tode'schen Namen Hydrophora.

Art M. Mucedo Mich. ist,[1]) oder die stehenbleibende zurückgekrümmte Basis der Hülle ist dem Mittelsäulchen angewachsen, und dieses senkt sich nach dem Abfallen des oberen Theiles der Hülle herab und bildet einen grossen Schirm über den kleinen des Peridiolengrundes (Fig. 2. *m*); diese Art M. stotonifer wurde von Ehrenberg als Typus einer eigenen Gattung Rhizopus aufgefasst[2]) (VII. 2). Ausser diesen grossen, einzeln endständigen, mit zahlreichen Gonidien erfüllten Behältern finden sich bei M. Mucedo, wenigstens bei einer diesem sehr ähnlichen Pflanze, zuweilen auf den Enden vielfach gabelig verzweigter, quirlständiger Seitenäste der Hyphe kleine, meist vier Gonidien enthaltende weisse, später dunkle Peridiolen ohne Mittelsäule, welche Form Link für eine besondere Gattungsform hielt und Thamnidium nannte; nicht selten fehlt auch an diesem Thamnidium tragenden Mucor der grosse endständige Mucor-Kopf, auch finden sich alle möglichen Uebergänge von den mit sehr zahlreichen Gonidien erfüllten Mucor-Peridiolen bis zu den nur vier Gonidien enthaltenden Behältern ohne Mittelsäulchen des Thamnidium[3]). Entwickeln diese von langen spitzen Hyphenenden überragten Thamnidien nur eine Gonidie in jedem Peridiolum, so ist dadurch gewissermassen ein Uebergang gemacht zu einer Botrytis-Form, die gleichfalls als Hyphogonidie von Mucor betrachtet wird; die Botrytis Jonesii Berk et Br., bei der die Gonidien (Peridiolen, die nur eine Gonidie enthalten) eines Astes ungestielt beisammen sitzen.

An der auf Agaricinen wachsenden Gattung Syzygites, bei der Ehrenberg die erste Beobachtung eines Copulationspro-

---

[1]) Zahlreiche Variationen dieser Art sind von Corda und Fresenius als Arten beschrieben.

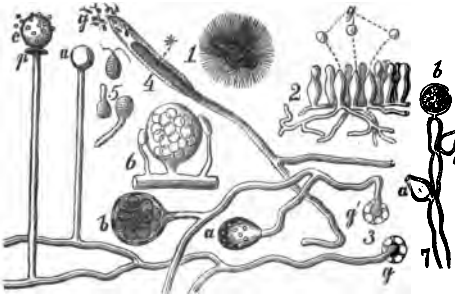
[2]) Dieser Rhizopus Ehrenberg's gab mir bei Culturen auf Honig Formen, die von Mucor Mucedo (M. candelabrum Crd. M. racemosus Fres.) nicht zu unterscheiden waren.

[3]) Die Entwickelung dieses zierlichen Pilzes habe ich schon vor Jahren durch eigene Anschauung während zahlreicher Culturen kennen gelernt und sowohl aus den unvermischten Gonidien der Thamnidium-Peridiolen, als auch aus denen des endständigen Mucor-Peridiolum den vollständigen Pilz neben unvollständig entwickelten Individuen erzogen. Die Botrytis Jonesii erschien stets erst in letzter Entwickelungsperiode des Thamnidium-Mucor; ob als Gast oder durch mangelhafte Ernährung erzeugt habe ich nicht entscheiden können; zum Theil desshalb, weil es mir nicht gelang ihre Gonidien unvermischt zu erhalten und auszusäen.

cesses bei Pilzen machte, finden sich thamnidiumähnlich verzweigte Gonidienträger, deren Peridiolen zahlreiche Gonidien enthalten, nicht aber die endständigen, grossen, ganz in der Regel ein Mittelsäulchen enthaltenden Peridiolen; auch kommen sie auf besonderen Individuen getrennt von denen vor, welche die Samen erzeugen.

Selten ist auf dem Mycelium von Mucor die Entwickelung von Torula beobachtet. Diese Mucor-Torula (VII. Fig. 1 *c*),

Fig. VIII.



erkläre ich mir nicht, wie J. Lüders, entstanden durch Modification der Peridiolenentwickelung, als durchwachsene Peridiolen, als eine Peridiolenkette, sondern durch gehäufte Entwickelung von Macrogonidien (1. *d.*) (Xenodochus ähnlich), deren Mycelzweig in diesem Falle aufrecht stand und nicht über die oberste Gonidie hinausgewachsen war.

Nahe verwandt mit Mucor ist, wie dies schon Bail, Hoffmann und Willkomm angaben, die Gattung Achlya

---

Fig. VIII. Achlya, Saprolegnia. 1. Eine mit Achlya überwachsene todte Fliege. 2. Achlya-Gonidienträger (Empusa Muscae) vom Thorax der Fliege genommen, in deren Körper das Mycelium wucherte. *g.* abgeschleuderte Gonidien. 3. Zwei dieser Gonidien keimend. *g.* mit zwei Hyphen von Mucor Mucedo. *u.* ein junges Peridiolum. *p.* der Rest (die Basis) eines schon geöffneten. *c.* Mittelsäulchen mit anklebenden Gonidien. *g'.* Die zweite gekeimte Gonidie mit einem unreifen, in Milch entwickelten Peridiolum, deren secundäre Zelle noch nicht die Grösse der Mutterzelle erreichte. *b.* eine reife Frucht mit Samen im mittleren Durchschnitt (nach Thuret) gezeichnet. 4. Schwärmgonidien-Behälter von Saprolegnia geöffnet. *. die nachwachsende Gonidienbehälterzelle. *g.* hervorschwärmende Gonidien. 5. Drei der letzteren stärker vergrössert; zwei derselben keimend. *b.* Ein befruchtetes Peridiolum (nacktes Archegonium) mit zwei demselben anliegenden und entleerten Antheridien von Achlya racemosa Hildebr. 7. Leptomitus brachynema Hildebr. mit zwei älteren, entleerten *a. a.* und einem jungen noch gefüllten *b.* Gonidienbehälter.

Nees, deren eine Gonidienform auf Fliegen und vielen anderen Insecten häufig schmarotzende Empusa (Sporendonema Fr.) Muscae Cohus ist (VIII. 1) [1]). Das Mycelium dieser Empusa wuchert im Insektenkörper, aus dem endlich die gonidientragenden Zweige hervorbrechen (Fig. 2). Diese kurzen, kegelförmigen, den Sterigmen von Aspergillus (pag. 66 IV. 2. 3.) ähnlichen Zweige entwickeln in der Spitze eine Gonidie, man könnte sie mit der ersten Gonidie einer Torulakette vergleichen, die aber nicht dauernd von der Hüllhaut bedeckt bleibt, während unter ihr innerhalb derselben die zweite, dritte und folgende Gonidie entsteht, sondern beim Auftreten der zweiten Gonidie aus der an der Spitze der Hyphe erweicht werdenden Hüllhaut hervorgepresst und fortgeschleudert wird; daher findet man die dadurch erkrankten und auf trockenem Boden (z. B. den Fensterglasscheiben) gestorbenen Fliegen ringsum von einem weissen Staube umgeben. Die Gonidien treiben einen aufrechten Keimschlauch, der alsbald wieder auf gleiche Weise hervorgeschleuderte Gonidien erzeugt, welcher Vorgang sich so lange wiederholt, bis der formungsfähige Inhalt erschöpft ist oder bis die hervorgeschleuderte Gonidie an einen Ort gelangt, der ihr zu weiterer vollkommnerer Entwickelung die nothwendigen Bedingungen bietet: entweder proteinhaltige Nahrung oder hinreichend feuchte Luft. Trifft letzteres ein, so entwickeln die keimenden Gonidien ein Mycelium, welches Mucorhyphen hervorbringt; im ersteren Falle, d. h. in eine nährende Flüssigkeit, z. B. Milch gebracht, bringen sie ein Mycelium mit Syzygitesartig sich copulirenden und dadurch Samen erzeugenden Aesten hervor. Dieser Pilz der durch die sehr ungleiche Grösse seiner beiden copulirenden Zweige von Syzygites und Mucor sich unterscheidet, ist die Achlya prolifera Nees. Nach den Versuchen Bail's, der wie auch Hoffmann die Entwickelung der Achlya aus Empusa beobachtete, wirkt die Uebertragung der Empusa auf andere Insekten tödtlich.

Das Hervorwachsen von Mucorhyphen aus dem Mycelium, welches sich aus den Empusagonidien entwickelte, und zwar von Mucor Mucedo, beobachtete ich auf die Weise, dass ich nahe über der auf einem feuchten Papiere liegenden mit kräftig vegetirender Empusa Muscae behafteten sterbenden Fliege eine reine Glasscheibe anbrachte, die nun auch mit den allseitig umher-

---

[1]) Höchst wahrscheinlich gehören auch die übrigen Arten von Empusa (Entomophthora Fres.) zu anderen Arten von Achlya und der sehr nahe verwandten Saprolegnia.

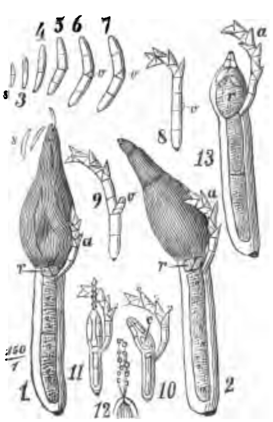
gestreuten Empusagonidien besetzt wurde, welche in dem auf sie niedergeschlagenen Wasserdampfe keimten und fruchtbare Mucormycelien entwickelten. Die Achlya würde daher mit Mucor vereinigt werden müssen, wenn nicht die zweite einfache Gonidienform, die eben beschriebene Empusa ihr eigenthümlich wäre, die bei den Mucorarten vielleicht durch Torula, Penicillium, Cladosporium, Aspergillus vertreten ist, und wenn nicht die Samenentwickelung von Achlya, sowie die der verwandten Nees'schen Gattung Saprolegnia, von Mucor durch die Verschiedenartigkeit der beiden copulirenden Mycelzweige abwiche (VIII. 6); bei beiden geschieht überdies diese Copulation unter Flüssigkeit; bei den eigentlichen Mucorarten in der Luft. Bei jenen beiden Gattungen finden sich „Schwärmgonidien" als Gonidien d. h. Gonidien, die mit zwei im Wasser beweglichen Wimpern versehen sind (VIII. 5), und sehr zahlreich gleichzeitig in einer cylindrischen Endzelle eines Myceliumzweiges entstehen. In diese bald von Schwärmgonidien entleerte Endzelle wächst bei Saprolegnia die nächst untere, hiedurch einigermassen an das Mittelsäulchen von Mucor erinnernd, hinein (VIII. 4*), füllt die Entleerte mehr oder minder vollständig aus, entwickelt gleichfalls Schwärmgonidien, die schliesslich wiederum aus der geöffneten Spitze ihrer Mutterzelle hervortreten. Dieser Vorgang kann sich bei der Gattung Saprolegnia mehrfach wiederholen, während bei der sonst ganz ähnlichen Achlya der zweite, dritte und folgende Gonidienbehälter eines Astes unterhalb des ersten zweigartig hervorwächst, nicht in diesen, nachdem er entleert, hineinwächst. Ausser diesen Gonidienbehältern entwickelt sich auch hier bei Saprolegnia nach Hoffmann's Erfahrungen (Bot. Zeit. 1867, pag. 353) aus dem Mycelium als zweite Gonidienform Mucor Mucedo Fres., wenn dasselbe auf Kartoffelstückchen übertragen wird. Auch erzog Hoffmann durch Impfen des Mucormycelium auf einen lebenden Fisch die Saprolegnia. So hat also auch diese Gattung ausser der im Wasser sich entwickelnden Schwärmgonidienform eine als Mucor längstbekannte Luftgonidienform [1]).

---

[1]) Aus den Versuchen Willkomm's geht hervor, dass auch eine Penicilliumform als Hyphogonidienform von Saprolegnia vorkommt und zwar war es das oben erwähnte aus Corticium-Samen erzogene Penicillium (Cladosporium), welches von Willkomm zur Impfung auf Forelleneier benutzt wurde und in ihnen Saprolegnia erzeugte d. h. aus denselben in der Saprolegnia-Form hervorwuchs.

Die oben erwähnte, von mir Stigmatomyces genannte Gattung findet sich, gleich der Gonidienform Empusa, auf der Musca domestica und zwar vorzugsweise auf dem Thorax, dem Hinterkopf und den Schenkeln dieses Insektes, auf dessen Individuen sich der Pilz augenscheinlich bei der Begattung verbreitet. Das Stigmatomyces bildet auf diesen Organen der Fliege einen braunen wolligen Ueberzug; findet sich aber auch auf den übrigen Körpertheilen zerstreut hie und dort, einzeln oder in Gruppen. Es verbreitet sich dieser Fig. IX. gezeichnete Pilz nicht durch Aufnahme seiner Gonidien oder Samen mit der Nahrung, sondern,

Fig. IX.



so viel bis jetzt beobachtet wurde, nur durch Ausstreuen der Samen auf die genannten Körpertheile. Diese Samen (I. 3) sind spindelförmig, weiss, durchsichtig, zur Zeit der völligen Reife zweizellig, meistens ganz wenig gebogen. Bei ihrer auf dem Körper der lebenden Fliege bald erfolgenden Keimung verlängert sich zunächst die die beiden Tochterzellen umschliessende Samen-Oberhaut der einen Hälfte und mit ihr die von dieser Hälfte umschlossene Tochterzelle mehr oder minder gleichzeitig, krümmt sich wohl etwas, besonders das Ende der Mutterzelle, wie es scheint um sich der Unterlage zu nähern und an ihr zu haften (3). Das äusserste Ende der Letzteren wird gleichzeitig etwas verdickt und schwarz, dient augenscheinlich als Haftorgan, dringt wohl etwas faserig in die Chitinhaut der Fliege ganz wenig ein, ohne jedoch ein eigentliches Mycelium zu entwickeln. Darauf entstehen in der zweiten, jetzt oberen Tochterzelle zwei

---

Fig. XI. Stigmatomyces Muscae. 1. Ein reifes die Samen entleerendes Individuum. *a.* Antheridium. *r.* Fruchtbodenzelle. *s.* Samen. 2. Ein anderes mit Samen gefüllt. 3. Ein Same, in dessen oberer Zelle zwei Tochterzellen auftreten. 4. Letztere völlig entwickelt. Auch in der unteren Samenzelle entstanden zwei Tochterzellen. 6. und 7. Die erste Anlage der Archegonienzelle *o.* 8. Das entwickelte Antheridium verdeckt hier die Archegonienzelle *o.* 9. Letztere, noch dreizellig, von der Seite gesehen. 10. Die entwickelten Geschlechtsorgane vor der Befruchtung. 11. Dieselben während der Befruchtung. 12. Die fadenförmige Narbe auf dem Scheitel des Archegonium stärker vergrössert. 13. Ein verkümmertes Archegonium, dessen Fruchtbodenzelle *r* sich bedeutend entwickelte und mit Plasma (dem für die Samenentwickelung bestimmten?) füllte.

neue Zellen, die in bekannter Weise in dem undurchsichtigen, eiweissartigen Inhalt als durchsichtige Bläschen auftreten, endlich als helle Kreise (3) aus dem Plasma hervorschauen, dieses nach und noch resorbiren, und indem sie die Mutterzelle gänzlich anfüllen, sich in der Mitte dieser, die sich inzwischen gleichfalls verlängerte, zu einer Scheidewand an einander abplatten (4).

In dieser Weise gehen alle später erfolgenden Zellenentwickelungen vor sich, nicht wie es gewohnheitsmässig oder veranlasst durch oberflächliche, flüchtige Beobachtung gewöhnlich lautet: „durch Abschnürung, durch plötzliches Auftreten von Scheidewänden, durch Membranumhüllung von Plasmatropfen“ etc.

Auch bei diesem Fliegenpilze sieht man die jüngsten Zellen in ihrer kugeligen Form nur kurze Zeit, nachdem das Object unter Wasser gebracht wurde; bald lösen sich die durch das Wasser ausgespannten jungen Zellmembranen entweder auf, oder, wenn sie ihrer völligen Entwickelung sich schon näherten, dehnen sich sehr rasch so weit, dass sie sich berühren und zu Scheidewänden an einander abplatten.

Bald nachdem sich in der oberen der beiden im Samen enthaltenen Zellen zwei Tochterzellen entwickelten (3 und 4), findet dasselbe auch in der unteren Samenzelle statt (5).

Darauf entstehen in der unteren von den beiden oberen Tochterzellen zwei neue Zellen, von denen die eine, untere (*o*) sich sehr wenig ausdehnt, während die zweite obere allein fast, von oben nach unten herabwachsend, die Mutterzelle ausfüllt (6), so dass die beiden Schwesterzellen auf dem Scheitel der nächst untern Zelle neben einander stehen. Während darauf auch die anfangs untere Zelle (*o*) ein wenig sich auszudehnen fortfährt (7), wiederholen sich in den oberen Zellen die Neubildungen von Zwillingszellen noch einmal und zuweilen wiederum in einer der neu entstandenen Zellen, so dass oberhalb der stets noch verhältnissmässig kleinen Zelle (*o*) sich ein mehrzelliges cylindrisches Organ entwickelt, welches meistens gekrümmt oder gedreht wird und dessen Gliedzellen zwei Tochterzellen entwickeln, deren eine an der von der Zelle (*o*) abgewendeten Seite sich borstig über die Oberfläche ausdehnt (8).

Zu dieser Zeit beginnt nun auch in der kleinen Zelle (*o*), die sich warzig etwas über die Oberfläche ausdehnte die Entwickelung von zwei und darauf drei Zellen (9), worauf sich dann dieses dreizellige Organ, welches anfangs neben dem fadenförmigen borstigen auf dem Scheitel der unteren von beiden

Samen-Theilzellen stand und dann ebenso wie das borstige Schwesterorgan etwas nach aussen gebogen war, sich mehr und mehr senkrecht zu stellen beginnt.

Diese Veränderung der Haltung wird begleitet und hervorgebracht durch eine Verbreiterung der Grundfläche, welche der nächst unteren Zelle aufsitzt, deren entsprechender Theil in eben dem Masse sich verbreitert, und in der Art wächst, dass dieses dreizellige Organ als directe Fortsetzung der beiden unteren Zellen erscheint, während das borstige, meist gekrümmte zuerst entwickelte Organ, dann gänzlich zur Seite gedrängt, einen unter und neben dem Scheitel stehenden Ast der oberen von beiden Trägerzellen darstellt (IX. 10).

Diese Träger- oder Stielzellen mit ihren schwarzen, kleinen punktförmigen Haftscheiben, die Tochterzellen der unteren Samenzelle, sind nun das ganze vegetative Organ dieses höchst einfachen und merkwürdigen Schmarotzerpilzes, während die beiden aus der zweiten oberen Samenzelle hervorgegangenen Organe als die beiden Geschlechtsorgane des Individuums sich zu erkennen geben, und zwar ist das zuerst entwickelte, gebogene, borstige Organ (*a*) das männliche, das darauf neben demselben hervorwachsende, bald die vertikale Verlängerung der Stielzellen darstellende, das weibliche Organ. So sind bei dieser Pflanze schon im Samen beide Systeme, das vegetative und das reproductive im unentwickelten Zustande gesondert nebeneinander vorhanden.

Die zur Herstellung der Reproductionsorgane dienenden Stoffverbindungen werden nicht wie bei den autophagen Pflanzen erst durch die Assimilationsthätigkeit einer mehr oder minder grossen Anzahl von aufeinanderfolgenden endogenen Zellgenerationen des Vegetationsorganes entwickelt, es dient hier dies Organ wie es scheint vorzugsweise als Leiter der Säfte des Nährorganismus, die für die Ernährung der Reproductionsorgane allein durch die in den beiden Stielzellen enthaltenen Secretionszellchen vorbereitet werden. Die Mutterzelle der beiden Stielzellen wird dick und gallertartig, diejenige der weiblichen Zelle am Ende ihrer Entwickelung elastisch.

Wir sahen schon oben, dass innerhalb des jungen weiblichen Astes sich drei vertical übereinander gelagerte Zellen entwickelten (IX. 9). Die unterste dieser gehört nicht zur eigentlichen Frucht, dient dem weiblichen Organe sozusagen als Fruchtboden (1 und 2 *r*), in der nächstfolgenden Zelle entwickeln sich zunächst wieder zwei Zellen, die mit der dritten scheitelständigen Zelle

ein Organ bilden, welches den Archegonien der Moose und Gefässkryptogamen darin ähnlich ist, dass es in der Mittellinie einer epidermalen Zellenschicht die eigentliche zu befruchtende weibliche Zelle entwickelt (10 *e*).

Zur Zeit der Befruchtung ist der ganze weibliche, ovale oder längliche Ast fast so gross wie der mehr oder minder cylindrische borstige und meistens über den Scheitel des weiblichen gekrümmte, zuweilen auch mit der Spitze etwas zurückgebogene männliche. An den Spitzen der Borsten dieses letzteren entwickeln sich auf sehr zarten Stielchen eine oder wenige kleine kugelige Zellen (10, 11), während gleichzeitig aus einer höchst kleinen zartwandigen Stelle am Scheitel des Archegoniums die Eizelle spitzig hervorwächst und eine anfangs kugelige dann eiförmige endlich walzen- oder keulenförmige Narbe über das Archegonium hervortreibt (11 und 12), an der die kleinen kugeligen Zellchen des borstigen Organes sich anhängen gleich den Antherozoidenzellen der Florideen an das bei diesen von Thuret aufgefundene und richtig gedeutete, Trichogyn genannte, Organ. Dergleichen mit Kügelchen besetzte, oft bedeckte, hinfällige, Organe (12) findet man zahlreich zwischen den entwickelten eben befruchteten Archegonien abgetrennt umherliegen, nicht selten aber auch noch an denselben mit sehr zarter Basis haften.

Darauf entwickeln sich im Centrum der über der Fruchtbodenzelle befindlichen sich zum Bauchtheil des Archegoniums ausbildenden Zelle zahlreiche Samen, später auch bis in die nächst obere den Halstheil desselben darstellende hinein, wie es scheint in einer dickwandigen Proteinzelle, die sich wie Fig. 10 zeigt, innerhalb des Bauchtheiles vor der Befruchtung erkennen lässt.

Die zweikammerigen Samen treten zur Zeit der Reife aus dem zweizähnigen Schnabel einzeln nach und nach hervor, gepresst durch die elastische, gedreht-gebänderte, fast netzig verdickte Aussenhaut.

Die Functionen der mit diesem Pilze oft reich besetzten Fliegen scheinen durch denselben wenig gestört zu werden; wenigstens fliegen die kranken Thiere lange munter und kräftig umher, obgleich, wie die Section des Thorax ergibt, alle Muskelscheiden der mittleren Muskelpartien in demselben resorbirt sind und die Primitivfasern hier alle frei nebeneinander liegen, im Wasser selbst sehr bald in die einzelnen in ihnen enthaltenen (in Müller's Archiv 1848 Taf. XI. 7 u. 8 von mir dargestellten) Zellen, zerfallen, indem auch die walzliche Zelle der Primitivfaser zerfliesst

Hin und wieder kommen auch Missbildungen dieses Pilzes vor, die fast alle hervorgebracht sind durch das Nichtbefruchtetwerden des Archegoniums (IX 13). Selten scheinen zwei Antheridien neben einem Archegonium vorzukommen.

Ueber die Wirkung des Pilzes auf andere Thiere und Menschen ist sehr wenig bekannt; das Wenige spricht nicht für seine Schädlichkeit. Ein Laubfrosch nämlich verzehrte unbeschadet mehrere solcher pilzkranken Fliegen und auch meine Haut, der ich eine solche acht Tage lang anpresste, blieb unverändert.. Es hatten sich in letzterem Falle Torula, Penicillium, Aspergillus und eine Botrytis-ähnliche Schimmelform auf der Fliege entwickelt; in anderen Fällen war in feuchter Luft Mucor racemosus aus solchen Fliegen hervorgewachsen. Ob einer dieser Gonidienträger mit dem Stigmatomyces Verwandtschaft hat wurde nicht erkannt.

Ausser diesen vollständiger bekannten Formen von Mucorinen, welche auf thierischen Organismen lebend gefunden wurden, ist das höchst kleine und einfach gebaute Chytridium, nahe verwandt mit dem auf todten Organismen sich ernährenden Leptomitus, in einer Art, Ch. Englaenae, auf lebenden Thieren schmarotzend beobachtet worden. Dieser, hinsichts seines Entwickelungsganges wenig bekannte Organismus, der einigermassen mit dem Schwärmgonidienbehälter von Saprolegnia verglichen werden könnte, möchte auch auf die normalen Functionen vollkommnerer Thiere ebenso störend einwirken können, wie auf die der Infusorien, auf denen sie schmarotzend beobachtet wurden. Die Chytridien haben, so weit sie bis jetzt bekannt sind, kein oder ein nur sehr unvollkommenes Mycelium (dann Rhizidium genannt), während Leptomitus ein sehr entwickeltes fast ungegliedertes Mycelium besitzt. Durch die sehr schleunige Vermehrung könnten diese mit Schwärmgonidien versehenen Organismen ohne Zweifel den Thieren und Menschen sehr gefährlich werden, wenn sie sich auch auf diese schmarotzend niederliessen.

Von grösserem Interesse für die Medicin ist zur Zeit die seit 25 Jahren bekannte Mucorinee, die eine unserer wichtigsten Nahrungspflanzen, die Kartoffel, erkranken macht und tödtet, in der man wiederholt die Ursache der Cholera vermuthet hat, von der man wenigstens annehmen darf, dass sie für die Gesundheit der Menschen, welche diese erkrankten Kartoffeln geniessen, wenn auch nur indirect schädlich ist.

Diese zu der artenreichen Gattung Peronospora gehörende parasitische Pflanze P. infestans erzeugt ähnliche Samen wie Mucor, nicht aber in der Luft wie dieser und wie Syzygites, auch nicht im Wasser wie Saprolegnia und Achlya, sondern in dem Gewebe der Nährpflanze selbst, in der er lebt und aus der er nur mit verzweigten Aesten seines Myceliums hervorragt, an deren Spitzen sich einzelne Gonidien entwickeln, die, wie diejenigen von Empusa und Penicillium zur Vermehrung des Individuums beitragen, von diesen aber dadurch verschieden, dass sie unter Umständen statt zu keimen, zweiwimprige Schwärmgonidien entwickeln, dann also einem kleinen Gonidienbehälter von Saprolegnia, Leptomitus und einem Chytridium vergleichbar sind.

Alle diese Gonidien und Schwärmgonidien sind aber nicht cuticularisirt, sind keine Dauergonidien, können also wohl zur Vermehrung des Individuums, nicht aber zur Ueberwinterung der Species in unserem Klima beitragen; hiezu dienen vielleicht die etwa in den Kartoffelknollen überwinterten Mycelfäden, wahrscheinlich auch die durch den Copulationsprocess im Stengel oder in den Knollen entstandenen Samen.

Mit der Peronospora sehr nahe verwandt ist die gleichfalls artenreiche Gattung Cystopus von den Landleuten wegen des weissen Gonidienpulvers, mit dem sie die ergriffenen Pflanzentheile bedecken, Mehlthau genannt, die gleich jener im Gewebe verschiedenartiger Pflanzen vegetirt, mittelst deren wohl die in den Gewebezellen dieser Schmarotzer enthaltenen Keime in den Körper von Thieren und Pflanzen gelangen und diesen krank machen könnten, worüber aber bis jetzt jede Kenntniss fehlt.

Die Arten dieser Gattung Cystopus unterscheiden sich von Peronospora durch die Anordnung ihrer Gonidien, die an die bei Mucor von J. Lüders und mir beobachtete Torula erinnert.

Dass zu der Gonidienform von Mucor, wie es scheint, auch eine Botrytis gehört, die Botrytis (Chaetocladium Fres.) Jonesii Berk. ist oben erwähnt worden. Von verschiedenen Beobachtern (so auch von mir einigemal) wurde diese der B. grisea nahestehende Form als Begleiter des Thamnidium-Mucor angetroffen und swar erzog ich dieselbe neben letzterem auf Oblaten, die mit Zuckersyrup durchtränkt waren.

Eine andere, nicht zu den Mucorineen, sondern wahrscheinlich zu einem Ascomyceten als Hyphogonidienform gehörende Botrytis ist der zuerst (von Torrubia) als ein der

thierischen Organisation nachtheiliger Pilz erkannte, zu der Gattung Botrytis gehörende, die Seidenraupen sowie viele unserer einheimischen Raupen tödtende Schimmel, den Balsamo Crevelli Botrytis Bassiana nannte. Ueber die Art der Infection der gesunden Thiere mit diesem Schimmel, sind in neuester Zeit zwei entgegengesetzte, beide auf Versuche gestützte Ansichten ausgesprochen. Bary nämlich (Bot. Zeit. 1867 und 69) beobachtete, dass die kugeligen Gonidien dieses Pilzes im Darm der Raupen nicht keimen, wohl aber auf deren Haut, die von dem Keimschlauch, gleich den auf den Fischen, nach Hoffmann's Untersuchungen gekeimten, und in deren Körper eindringenden Saprolegnia-Keimzellen durchwachsen wird, wenn nicht derselbe (bei Bombyx Pini) durch die Stigmata in Tracheen eindringt, worauf im Innern des Körpers die von Vittadini und Cornalia entdeckten cylindrischen Gonidien auf dem Mycelium entstehen, abfallen, und sich auf Kosten des Blutes hefeartig vermehren, endlich Schläuche treiben und flockige Mycelien entwickeln, von denen sich neue Hyphen über die durchbrochene Haut der todten Raupen erheben. Dagegen gibt Hallier an, dass die Raupen die Gonidien mit dem Futter verschlucken, dass sich aus denselben Micrococcuszellchen entwickeln, die in die Bauchhöhle eindringen, sich vermehren, alle Gewebezellen inficiren, dann zu Arthrococcus (Bierhefeform) und Mycelien heranwachsen und später wieder Botrytis-Hyphen über die Haut hervorwachsen lassen. (Zeitschr. f. Parasitenk. 1869).

Dass dieser Insekten tödtende und mit seinem Mycelium in den Insektenleichen bis zur folgenden Entwickelungsperiode ruhende Pilz, von dem pag. 21 IV. Fig. 1 ein Zweig gezeichnet ist, sowie die übrigen ähnlich wirkenden Mucorinen, auch dem Menschen, wenn sie in Menge genossen würden, nachtheilig werden könnten, ist wohl nicht unwahrscheinlich [1]).

Auf unseren süssen und saftigen Früchten kommen Botrytis-Arten sehr häufig vor, bewirken durch ihre Microgonidien, ebenso wie Mucor, Penicillium, Monilia, Cladosporium und andere, eine Gährung derselben und durch den Genuss dieser so inficirten Früchte mehr oder minder heftige Diarrhöen, die bei Wiederholungsfällen in ruhrartige Krankheiten ausarten können.

---

[1]) Die Botrytis cinerea habe ich in Kartoffelknollen und Zwiebelschuppen Sclerotien entwickeln sehen, aus denen nach einiger Zeit wieder dieselbe Botrytis hervorwuchs; hatten diese Sclerotien längere Zeit trocken gelegen, so ist aus ihnen die Entwickelung einer Peziza beobachtet worden.

Ausser den hier aufgeführten grösstentheils oder vielleicht sämmtlich zu den Mucorineen gehörenden parasitischen Pilzspecies sind noch eine Anzahl von Pilzen auf Thieren zum Theil auch bei Krankheiten oder Krankheitsprodukten des Menschen beobachtet worden, die hier nicht näher geschildert werden, da sie in Bezug auf ihre Hefeformen noch nicht studirt wurden, überdies ihr Connex mit der Krankheit noch zu problematisch ist.

VIII. Physiologische Bedeutung der Hefe.

Der Ursprung aller zur Gruppe der Hefevegetationen, (Schizomyceten, falls sie unbekümmert um ihre Abstammung, wegen ihres leichten Zergliederns diesen Namen annehmen dürfen), gehörenden Zellenformen erkannten wir in den kleinsten, noch unentwickelten Zellanfängen, die im normalen Verlaufe der gesunden Entwickelung ihrer Mutterzelle zur Herstellung von organischen Verbindungen bestimmt sind, welche dieser zur Ernährung und somit dem Gesammtorganismus zur Entfaltung seiner typischen Form dienen können.

Wir sahen, dass jede Gewebezelle des Pflanzen- und Thierkörpers aus ineinandergeschachtelten endogenen Generationen besteht, deren jede in ihrem flüssigen Inhalte eine Anzahl jener in rascher Folge entstehenden Zellchen enthält, die nicht unmittelbar zum Aufbaue der Gewebe dienen, sondern als Secretionsorgane thätig sind (pag. 5).

Während die äussersten, ältesten Glieder eines solchen Zellsystemes auf Kosten der durch die Secretionszellchen erzeugten Verbindungen heranwuchsen und schliesslich selbst ihren Inhalt, später auch ihre dann flüssig werdenden Membranen zur Ernährung der jüngeren endogenen Generationen hergeben: übernehmen dann diese inneren, jüngeren Zellen die Functionen der äusseren, wodurch das Fortbestehen einer jeden assimilirenden Gewebezelle, und damit die Erhaltung des Organismus selbst, gesichert ist, ungeachtet der fortwährenden Veränderung, in der sich dieselbe befindet (pag. 40).

Wird dieser regelmässige Regenerationsprocess unterbrochen, wird ein Glied dieser Zellsysteme oder wird ein ganzes System, eine Gewebezelle, oder das von diesen aufgebaute Gewebe durch abnorme äussere Einflüsse krank, oder stirbt dasselbe oder der ganze Organismus in Folge dieser ab, indem die

Assimilationsthätigkeit der Häute dieser Gewebezellen erlischt: so sind noch die zu Secretionszellchen bestimmten Zellanfänge, welche den physikalisch-chemischen Agentien länger widerstehen, befähigt, den veränderten Verhältnissen ihre Assimilationsthätigkeit anzupassen und durch Aneignung der für die normale Regeneration ihres mütterlichen Organismus nicht mehr dienenden Stoffe, welche den Inhalt ihrer Mutterzelle und deren absterbende Membran bilden, sich selbst zu erhalten und unter Annahme neuer, dem sie zusammensetzenden Stoffe entsprechender Formen, sich zu vermehren (pag. 24).

So entstehen aus den jüngsten Zellchen die verschiedenen, den Ernährungsverhältnissen gemäss zu complicirten Gebilden sich entwickelnden Hefevegetationen, Schizomyceten, deren höchste Entwickelungsstufen die Formen wirklicher Pflanzenspecies nachahmen (pag. 18. III); mit fortschreitender Aenderung und Vereinfachung der sie umgebenden und sie ernährenden organischen Verbindungen werden auch sie wieder auf die einfachsten ihrer Entwickelungsformen reducirt (pag. 25. V).

Es liegt demnach diesen als stete Begleiter des Todes und der Zerstörung organisirter Wesen auftretenden Hefevegetationen die Function ob, die mit dem Tode beginnende Zersetzung der organischen Verbindungen zu regeln und zu fördern, welche den in der chemischen Assimilationsthätigkeit gehemmten, abgestorbenen Organismus zusammensetzen.

Diese aus den einfachen Elementen oder den einfachen unorganischen Verbindungen durch die assimilirende und wachsende Pflanze entstandenen und die durch die vegetative Thätigkeit des thierischen Organismus zu noch complexeren stickstoffreicheren Verbindungen gewordenen organischen Stoffe werden durch die Lebensthätigkeit der als Micrococcus, Vibrionen, Sarcina, Hefe und der schimmelförmigen, zusammengesetzteren Hefearten entweder unter Ausgabe geruchloser Educte assimilirt, in welchem Falle dann dieser Process als Verwesung bezeichnet wird, oder es sind diese gasförmigen oder flüssigen Educte der Assimilation stickstoffreicher Pflanzen- (z. B. Pilze) oder Thiersubstanzen noch chemisch zusammengesetzte Riechstoffe, wo dann der Zersetzungsprocess Fäulniss genannt wird.

Eine Modification des ersteren dieser beiden Vorgänge ist die Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten und wurde seither ausschliesslich die Assimilation des Pflanzenzuckers durch die Hefe als Gährungsprocess verstanden, wobei sich als Educte

Kohlensäure und Alkohol erzeugen, welchem Processe jetzt andere ähnliche, auf Assimilationsthätigkeit beruhende, angereiht werden, wenn an Stelle des Alkohols Säuren entstehen und eine gleichzeitige Entwickelung von Kohlensäure nicht stattfindet.

Es kommen diese, die Verwesung, die Fäulniss und die Gährung verursachenden Vegetationsprocesse in der Zersetzung der organischen Materie und in der endlichen Vernichtung der Organisation der einfachen Oxydation [1]) zu Hülfe, welche diesen Zersetzungsprocess allein auszuführen haben würde, um die gebundenen Elemente zu befreien und neuem Leben dienstbar zu machen, wenn die organisirte Substanz ihrer natürlichen, auch für die Assimilationsthätigkeit und die Entwickelung dieser einfachsten Organisationen nothwendigen Feuchtigkeit beraubt wäre.

Eine gewisse Stabilität in ihrer chemischen Wirkung haben auch diese einfachen, abnormer Weise zur Entwickelung gelangten Organisationen von ihrem mütterlichen Organismus geerbt, auch sie setzen die chemischen Actionen, die in ihrer organisirten Substanz vor sich gehen, so lange fort, bis die etwa eintretende Veränderung ihres Nährstoffes den Grad erreicht, dass derselbe zur Herstellung der bestehenden und sich regenerirenden Form nicht mehr ausreicht.

Ist der Stoff verbraucht, der für die Ernährung der Zellen und für deren Vermehrung in der ihnen eigenthümlichen Zusammensetzung und Form diente; so gehen ihre Membranen auch mit anderen verwandten Stoffen Verbindungen ein, wodurch zugleich eine entsprechende Formänderung veranlasst wird, wie dies am auffälligsten die Hefearten: die Bier-, Milch-, Essighefe zeigen, wobei zugleich ersichtlich, dass sich dieselben nicht jedem Wechsel mit gleicher Leichtigkeit accommodiren (s. pag. 10)[2]).

Diese Verhältnisse geben zugleich eine Andeutung über die Wirkung der hefeartigen Vegetationen, welche bei der Aus-

---

[1]) H. Karsten, Beitrag zur Kenntniss des Verwesungsprocesses: Poggendorf's Annalen Bd. CIX.

[2]) Allerdings folgen diese Formveränderungen den chemischen Veränderungen des Nährstoffes nicht stets unmittelbar; denn wie schon oben bemerkt wurde, nimmt Oidium, erst nachdem zahlreiche Generationen desselben sich von Rohrzucker ernährt, die Form der Bierhefe an, obgleich es schon vorher diesen Zucker nach Art der Bierhefe zersetzte. Ebenso setzt Bierhefe die Erzeugung von Alkohol und Kohlensäure als Educte ihrer Assimilation von Milchzucker fort und erst nachdem sie einige Zeit von letzterem sich ernährte, führt sie die specifische chemische Wirkung der Milchhefe auch in der Form derselben aus.

führung ihres zweiten anscheinend weniger wohlthätigen Berufes zur Erscheinung kommen, desjenigen nämlich als Ursache der Krankheit und des Todes organisirter Individuen, indem sie parasitisch dieselben bewohnen, deren noch gesunde Säfte assimilirend zersetzen und so in die Functionen der noch lebensthätigen Organe störend eingreifen.

Die am meisten studirten dieser parasitischen Hefeformen sind die auf menschlichem und thierischem Körper wuchernden dieselben in krankhafter Weise verändernden Zellenvegetationen die zum Theil als Microsporon (Micrococcus), Achorion und Trichophyton (Oidium) als Oidium albicans etc. bekannt sind.

Gelangt eine Oidiumzelle z. B. auf eine von Schweiss erweichte Haut, so wird sie unschwer auf derselben, besonders wenn der Schweiss reich an Harnstoff oder milchsauren Salzen ist, ihren Wachsthumsprocess und ihre Wirkungsweise auf ihre Unterlage fortsetzen und wohl ohne Zweifel eine etwa in der Haut bestehende Reizung erhöhen und selbst durch Hineinwuchern in die Drüsen, in die Haarbälge oder in die tieferen Schichten des rete Malpighii bis auf das corium eine solche hervorbringen können. Zugleich wird je nach der Beschaffenheit der Haut und ihrer Secrete das Wachsthum und die Vermehrung der Hefevegetationen fortgesetzt oder eine Entwickelung von Micrococcus und Vibrionen eingeleitet werden können, welche letztere nun sich gleichfalls vermehren und entwickeln und zwar den Eigenthümlichkeiten der betreffenden Haut gemäss bei vorwiegenden Stickstoffverbindungen Microsporon-(Micrococcus) bei Vorhandensein von Milchzucker oder organischen Säuren Oidium-artig.

Mycelien und Gonidien von Pilzen oder deren Samen werden sich ähnlich verhalten können, werden die gereizten thierischen Gewebe erkranken machen, die Entwickelung von Vibrionen und deren Derivate herbeiführen können.

Dass eine solche Hautreizung dem Erscheinen dieser pilzähnlichen Gebilde häufig vorausgeht, das Eindringen des Pilzes in die Haut demnach zu erleichtern scheint: dass ferner eine Invasion auf die schon erkrankte Haut Aenderungen der Krankheitsform hervorbringt, wird für gewisse Hautkrankheiten von den ausgezeichnetsten Dermatologen anerkannt z. B. von Neumann, der in seinem Lehrbuche über Hautkrankheiten p. 351 die von Pilzen begleitete Form des Eczema marginatum auf diese Weise erklärt.

Die Wandelbarkeit der morphologischen und physiologischen Eigenschaften von Schimmeln und hefeartigen Zellvege-

tationen macht es wohl erklärlich, dass die reizenden Wirkungen derselben auf die Haut, die sie durch eine bestimmte Entwickelungsweise erzeugen, in einem bestimmten physiologischen von der morphologischen Species, von der sie abstammen, unabhängigen Entwickelungszustande vorzugsweise hervorzurufen vermögen. Dasselbe Penicillium wird, wenn es auf einem Boden wuchs, der zur Säurebildung in seiner Membran günstig war, anders auf die Unterlage z. B. auf die Haut, auf die es zufällig gelangt, wirken, als wenn es in den Zustand des neutralen, schleimigen Gliocladium übergegangen ist; so wird unter gleichen Umständen die Milchhefe anders wirken als die Bierhefe, die Milchsäurevibrionen anders als die in neutralen, süssen Fruchtsäften enthaltenen, diese wieder anders als die aus den verschiedenen thierischen Gewebezellen und deren verschiedenartigem Assimilationszustand entstandenen.

Von der augenblicklichen Stimmung, der Prädisposition, der Gewebe wird es ferner abhängen, ob eine grössere oder geringere Menge einer Hefeart, ob diese oder jene Vibrionenart oder welcher physiologischer Entwickelungszustand derselben sie in den Zustand krankhafter Reizung zu versetzen vermag; ein an Diarrhöe leidender Körper wird sich vielleicht schon durch die aus dem Zellgewebe der Gurke sich entwickelnden Vibrionenkeime Cholerine oder Cholera zuziehen, während auf gänzlich gesunde Verdauungsorgane, besonders wenn sie mit Speisen gefüllt sind, selbst die aus den Epithelzellen Cholerakranker entwickelten Vibrionen keine Wirkung haben.

Wenn auch die Wirkung der Mucorinen auf die gesunde Haut gesunder Menschen eine sehr unbedeutende und vergängliche ist, wie es die wenigen in dieser Richtung von Pick, Köbner, Peyritsch, Neumann und mir angestellten Versuche ergaben, wobei sich dann in dieser Haut nicht die vollständigen Mycelien der angewendeten Pilze, sondern nur Rudimente derselben, Micrococcus und Vibrionen etc. finden: so ist die Wirkung dieser letzteren, wenn sie von krankhaft verstimmten Individuen stammen, an denen sie eine specifische Krankheit erzeugten oder begleiteten, auch auf Gesunde, auf die sie übertragen werden, eine ihrer früheren Wirkungsweise entsprechende und intensivere, als wenn sie direct auf dieselbe Unterlage gelangen.

Aehnlich wird es sich ohne Zweifel mit den in das Innere des thierischen und menschlichen Körpers gelangten Hefevege-

tationen verhalten, wobei nicht ausser Acht zu lassen, dass auch die Zellen des thierischen Körpers, erkrankt durch die in ihre Nähe gelangten Hefevegetationen, Vibrionen entwickeln, in ihrem äusseren Habitus denen der Pflanzen sehr ähnlich; dass auch sie sich in Micrococcus, Sarcina, Eiter, Hefe etc. verändern und je nach der Natur dieser Formen als giftige Contagien (Wurstgift, Leichengift, syphilitischer Eiter etc.) auf gesunde Organismen, mehr noch aber auf solche, deren Functionen schon durch vorgängige Reizungen verstimmt sind, einwirken können.

Diese Abhängigkeit der Entwickelungsweise und der Wirkung der Hefevegetationen von der ihnen zufliessenden Nahrung kann einen Erklärungsgrund abgeben, sowohl für die durch diese Contagien verursachten endemischen Epidemien als auch für das Wandern und für die gleichzeitig mit der Wanderung in andere Breitengrade oder mit der Veränderung der Jahreszeiten und des Clima eintretende Aenderung des Charakters mancher epidemischen Krankheiten.

Hier bleibt noch alles zu thun übrig, um auf dem von Hallier betretenen, leider wohl zu hastig durchschrittenen Wege zur Erkenntniss der Wirkungsweise der Pilze und der von denselben sowie der aus anderen Organismen entstammenden Hefevegetationen zu gelangen.

Inzwischen kann ich es nicht mit Lebert[1]) für durchaus unpassend halten, aus der Natur und Verbreitung der an Pflanzen, Thieren und Menschen studirten Pilzkrankheiten einen Schluss für Miasmen und Contagien zu ziehen, zumal jetzt die von ihm angegebenen Gründe durch die erweiterte Kenntniss über die Vegetations- und Entwickelungsweise der Hefevegetationen beseitigt sind.

Ein fortgesetztes sorgfältiges Studium der Assimilationsthätigkeit und der davon abhängigen morphologischen und chemischen Veränderungen des Elementarorganes der lebenden Schöpfung, der Zelle, wird es ermöglichen, jenes für das Wohl des Menschengeschlechtes so erspriessliche Ziel zu erreichen.

---

[1]) Denkschriften der Schweizer Gesellschaft f. d. Naturwissenschaft. Bd. 15. pag. 43.

C. Ueberreuter'sche Buchdruckerei (M. Salzer).